Année scolaire
1950-1951

THÈSE

N° 2

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR EN PHARMACIE

(Diplôme d'Etat)

PAR

Claude Jean GUILLEMIN

PHARMACIEN-CHIMISTE DE LA MARINE
LICENCIÉ ÈS SCIENCES
LAURÉAT DE LA FACULTÉ

né à Paris (Seine), le 13 Septembre 1923

1° — Thèse : ÉTUDE MINÉRALOGIQUE ET MÉTALLOGÉNIQUE DU GITE PLUMBOCUPRIFÈRE DU CAP-GARONNE (VAR).

2° — QUESTION PROPOSÉE PAR LA FACULTÉ.

Soutenue le Vendredi 9 Mars 1951 devant la Commission d'examen.

MM. GIRARD, professeur... *Président*
CHELLE, professeur... } *Juges*
TAYEAU, professeur.. }

PARIS
LIBRAIRIE MASSON ET Cie, ÉDITEURS
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 120

1951

Année scolaire
1950-1951

THÈSE

N° 2

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR EN PHARMACIE

(Diplôme d'État)

PAR

Claude Jean GUILLEMIN

PHARMACIEN-CHIMISTE DE LA MARINE
LICENCIÉ ÈS SCIENCES
LAURÉAT DE LA FACULTÉ

né à Paris (Seine), le 13 Septembre 1923

1° — Thèse : ÉTUDE MINÉRALOGIQUE ET MÉTALLOGÉNIQUE DU GITE PLUMBOCUPRIFÈRE DU CAP-GARONNE (VAR).

2° — QUESTION PROPOSÉE PAR LA FACULTÉ.

Soutenue le Vendredi 9 Mars 1951 devant la Commission d'examen.

MM. GIRARD, professeur... *Président*
CHELLE, professeur... } *Juges*
TAYEAU, professeur.. }

PARIS
LIBRAIRIE MASSON ET Cie, ÉDITEURS
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 120

1951

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE BORDEAUX

DOYEN HONORAIRE : M. DUPÉRIÉ.
DOYEN : M. PORTMANN. — **ASSESSEUR** : M. CHELLE.

PROFESSEURS HONORAIRES :

MM. A. MANDOUL, PETGES, GUYOT, ANDÉRODIAS, ROCHER, LANDE, DUVERGEY, CARLES, LEURET, PÉRY, LABAT, CHARRIER, DUBREUIL, MACHEBŒUF.

PROFESSEURS :

	MM.
Clinique médicale	DUPÉRIÉ, CREYX
Clinique chirurgicale	PAPIN, MASSÉ
Clinique d'accouchements	RIVIÈRE
Clinique gynécologique	MAGENDIE
Anatomie pathologique et microscopie clinique	DE GRAILLY
Anatomie	VILLEMIN
Anatomie générale et histologie	MAYER
Hygiène et Clinique de la tuberculose	PIÉCHAUD
Médecine légale et médecine du travail	DERVILLÉE
Électroradiologie et clinique d'électricité médicale	REBOUL
Chimie	CHELLE
Matière médicale	GOLSE
Pharmacie	VITTE
Physiologie	FABRE
Clinique médicale des maladies des enfants	FONTAN
Zoologie et parasitologie	SIGALAS

	MM.
Médecine expérimentale	AUBERTIN
Clinique ophtalmologique	BEAUVIEUX
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie	LOUBAT
Clinique des maladies infectieuses	N...
Chimie biologique et médicale	TAYEAU
Physique médicale et pharmaceutique	PIFFAULT
Médecine coloniale et Clinique des maladies exotiques	BONNIN
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	JOULIA
Clinique des maladies des voies urinaires	DARGET
Clinique des maladies nerveuses et mentales	DELMAS-MARSALET
Clinique d'oto-rhino-laryngologie	PORTMANN
Toxicologie et hygiène appliquée	CASTAGNOU
Clinique odonto-stomatologique	DUBECQ
Botanique et cryptogamie	GIRARD
Thérapeutique	BROUSTET

PROFESSEURS SANS CHAIRE :

MM. PERRENS (Maladies mentales), DUFOUR (Anatomie), MESNARD (Pharmacie), BLANQUET (Physique pharmaceutique).

MAITRES DE CONFÉRENCES AGRÉGÉS :

	MM.
Parasitologie	PAUTRIZEL
Physiologie	Mlle ROUGIER
Bactériologie	MOUSTARDIER

	MM
Pharmacie (1re section)	R. GOLSE
Pharmacie (2e section)	MASQUELIER
Pharmacie (3e section)	CAZAUX

AGRÉGÉS EN EXERCICE :

	MM.
Médecine générale	SARIC, DUBARRY, F.-J. TRAISSAC, BERGOUIGNAN, LENG-LÉVY
Chirurgie générale	POUYANNE, LAUMONIER, CHAVANNAZ
Obstétrique	MAHON, CHASTRUSSE

	MM.
Ophtalmologie	BESSIÈRE
Oto-rhino-laryngologie	DESPONS
Dermatologie et syphiligraphie	LE COULANT
Pédiatrie et puériculture	VERGER
Médecine légale et médecine du travail	L'ÉPÉE
Électro-radiologie	LACHAPÈLE
Odonto-stomatologie	MARONNEAUD
Urologie	LANGE

COURS COMPLÉMENTAIRES :

	MM.
Médecine opératoire	DUFOUR
Accouchements	CHASTRUSSE
Péniculture	VERGER, PÉRY
Législation pharmaceutique	POPLAWSKI, COUSTOU
Anatomie	RIGAUD
Chimie minérale	BABIN
Cryptogamie	LAUBIE

	MM.
Pharmacie galénique	MESNARD
Organographie et physiologie végétale	TEMPÈRE
Chimie biologique	NEUZIL
Pathologie chirurgicale	LAUMONIER, VILLAR
Zoologie pharmaceutique	BAILENGER
Hydrologie pharmaceutique	CAZAUX

Le Secrétaire de la Faculté : ROUGERIE.

Par délibération du 5 août 1879, la Faculté a arrêté que les opinions émises dans les Thèses qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle entend ne leur donner ni approbation ni improbation.

R.UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

A MA FEMME

A MES PARENTS

A MES ENFANTS

A MES AMIS

A MES MAITRES :

DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE
ET DE PHARMACIE DE BORDEAUX,

DE LA FACULTÉ DES SCIENCES DE BORDEAUX,

DE L'ÉCOLE PRINCIPALE DU SERVICE DE SANTÉ
DE LA MARINE ET DES TROUPES COLONIALES,

DU LABORATOIRE DE MINÉRALOGIE
DU MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE DE PARIS,

DU LABORATOIRE DE MINÉRALOGIE
DE L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DES MINES DE PARIS

A MONSIEUR LE PROFESSEUR L. CHELLE

PROFESSEUR DE CHIMIE
MEMBRE CORRESPONDANT DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
CHEVALIER DE LA LÉGION D'HONNEUR
OFFICIER DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE
CHEVALIER DE L'ORDRE DE LA SANTÉ PUBLIQUE

A MONSIEUR LE PROFESSEUR TAYEAU

PROFESSEUR DE CHIMIE BIOLOGIQUE
DOCTEUR ÈS SCIENCES
OFFICIER D'ACADÉMIE

A MON MAITRE ET PRÉSIDENT DE THÈSE

MONSIEUR LE PROFESSEUR GIRARD

PROFESSEUR DE BOTANIQUE ET DE CRYPTOGAMIE

DIRECTEUR DE L'INSTITUT BOTANIQUE DE TALENCE

CHEVALIER DE LA LÉGION D'HONNEUR

OFFICIER DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE

OFFICIER DU MÉRITE AGRICOLE

OFFICIER DU MÉRITE TOURISTIQUE

Le travail que je présente comme sujet de thèse, pour le Doctorat en Pharmacie Diplôme d'État, a essentiellement pour but l'étude détaillée du gîte métallifère du Cap Garonne (Var).

Les circonstances dues à ma carrière militaire m'ayant amené dans la région de Toulon, j'ai été frappé à l'occasion d'une visite de ce gisement par sa richesse en espèces minérales rares et j'ai pensé qu'il y aurait là une étude à entreprendre.

Ayant demandé à M. le Professeur R. Girard un sujet de thèse en vue du Doctorat en Pharmacie, celui-ci vivement intéressé par mes premières recherches et les résultats très encourageants que j'avais déjà obtenus m'a conseillé alors d'approfondir ce sujet, de le développer, et de lui donner toute l'importance exigée par le Diplôme d'État.

L'aspect minéralogique et la nécessité d'études physiques très poussées pour entreprendre ce travail nécessitaient l'emploi d'un appareillage technique et de directives scientifiques ; M. le Professeur Girard me conseilla alors d'orienter cette partie de mes recherches vers les Facultés des Sciences.

C'est alors que j'ai trouvé auprès de MM. les Professeurs J. Orcel, R. Gay et X. Doucet un accueil bienveillant et compréhensif et que j'ai pu largement profiter de leurs conseils et de leur expérience. Je remercie tout spécialement M. Kraut qui m'a utilement aidé dans la rédaction de ce travail.

Je tiens aussi à exprimer toute ma reconnaissance pour

l'aide qui m'a été apportée par mon Chef et Ami J. Chervet et par ses collaborateurs MM. Geffroy et Branche. Je les associe ainsi à l'hommage de gratitude que j'apporte à M. le Professeur Girard ainsi qu'à MM. Les Professeurs Chelle et Tayeau.

INTRODUCTION

GÉOLOGIE

Les mines du Cap Garonne situées entre le Pradet et Carqueiranne, à une douzaine de kilomètres de Toulon (Var), font partie du massif permo-triasique, dominé par la Colle Noire; c'est sous ce nom qu'elles sont décrites par les anciens auteurs.

Le gisement appartient à la zone de Sicié qui englobe, d'une part, les phyllades antécarbonifères du Cap Sicié, du Cap Brun, du Pradet et de la presqu'île de Gien, et, d'autre part, les terrains permo-triasiques de Saint-Mandrier et de la Colle-Noire.

La tectonique régionale est dominée par la présence constante d'une nappe de phyllades, séparée en deux bandes par une zone centrale permo-triasique, dont fait partie la Colle-Noire.

La partie de cette nappe qui nous intéresse ici forme le massif du Pradet constitué par des séricitoschistes d'un gris verdâtre, plus ou moins foncé, parfois noirs. Ce massif comporte deux petits promontoires triasiques, l'un d'eux à l'ouest de l'anse de Bonnette est formé par des calcaires compacts du Trias moyen, tandis que l'autre, au sud-est de l'anse, est constitué par des grès et des poudingues du Trias inférieur, séparés des phyllades par une lame de Trias moyen.

Vers la plage de la Garonne, nous trouvons le Permien en contact direct avec les phyllades sur la route du Pradet. Si nous nous dirigeons vers l'est, nous rencontrons de nouveau le Trias inférieur qui s'élargit, un peu avant le Château Richet au nord de Carqueiranne. Plus au sud, se dressent les massifs permo-triasiques du Cap de Garde, de Carqueiranne, du Beau-Rouge, de la Gavaresse et de la Colle-Noire.

La majeure partie du Permien qui atteint partout une épaisseur considérable, est constituée par des schistes rouges, lie

de vin, vert noirâtre, alternant avec des grès de teinte rougeâtre. Dans les grès rouges formant la partie supérieure de cet étage, j'ai observé des géodes contenant des cristaux de calcite et de sidérite décrits dans la partie minéralogique de ce travail. Le Permien supérieur de Carqueiranne présente des coulées interstratifiées de basalte à labrador.

Sur les grès rouges permiens repose, en parfaite concordance, un Trias inférieur constitué par des grès, souvent micacés, à structure fine, alternant avec des lits d'argile de couleur rougeâtre.

On a choisi arbitrairement comme limite inférieure de ce Trias, un gros banc de conglomérat que DE LAUNAY considère comme Werfenien inférieur dans sa classification des gîtes métallifères permo-triasiques (1). Cette formation à laquelle est liée la zone minéralisée disparaît sur le flanc sud-est de la Colle-Noire. Sa puissance très variable atteint huit mètres dans la zone exploitée ; elle est formée de galets de taille décroissante de bas en haut, prenant même un aspect gréseux à la partie supérieure, donnant ainsi l'idée d'une sédimentation nette. Ce poudingue de couleur claire sépare les zones rouges du Permien et du Trias. Des couches d'argile micacée sont interstratifiées dans le conglomérat.

DESCRIPTION DU GITE

La concession d'une superficie de 660 hectares est comprise entre la plage de la Garonne, le Château Richet au nord de Carqueiranne et l'anse Peno au sud de cette localité.

Si nous examinons la carte de la fig. 2, pl. IX, nous nous apercevons que la surface occupée par les travaux est restreinte, bien que la zone permo-triasique soit fortement représentée dans le massif, comme nous l'avons vu plus haut.

Parmi les recherches fort anciennes, seule celle de la Gavaresse désignée A sur le plan donna lieu à un début d'extraction. La couche exploitée coupe, à une centaine de mètres au-dessus du niveau de la mer, la colline formant la pointe

du Beau-Rouge. Elle présente un pendage nord-sud d'environ 3 degrés (fig. 1, pl. XI). Trois failles recoupent cette couche, la plus importante, de direction sensiblement est-ouest, est presque verticale avec un rejet de 17 mètres; elle est comblée sur une épaisseur de 50 cm. par des débris de roches non minéralisées.

Les deux autres failles, partant de la première vers le nord-est et le nord-ouest, sont rejetées de 2 à 4 mètres (fig. 2, pl. XII). La couche a une puissance de 0,5 à 8 mètres; la minéralisation est concentrée à sa base ou dans sa partie moyenne, l'épaisseur de la zone métallifère proprement dite variant entre 1 m. 20 et 0 m. 50.

HISTORIQUE DE L'EXPLOITATION

C'est en 1858 que les indices de minéralisation cuprifère sont signalés par Doublier et Panescordes (2) qui citent la présence de minéraux bleus et verts dans les éboulis de la Colle-Noire.

Je n'ai pu trouver aucun renseignement sur les travaux de recherches antérieurs à la demande de concession qui fut instituée par Décret Impérial du 3 août 1862 pour cuivre et plomb.

Les courbes ci-dessous représentent les tonnages de minerai fournis entre 1862 et 1917 et le nombre d'ouvriers employés pendant la même période ; elles font ressortir nettement l'épuisement rapide de la zone exploitée.

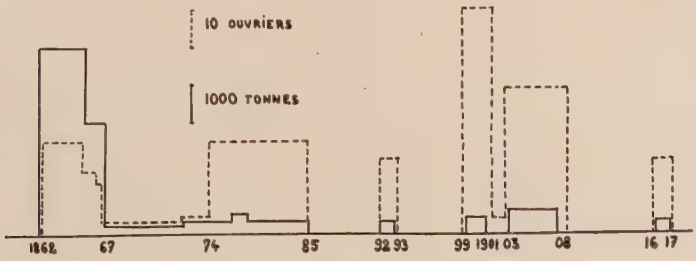


Fig. 1.

Les faits saillants de l'histoire de la mine, résumés brièvement, sont les suivants :

1862-1874 : exploitation de la partie nord-est ;
1874 : rachat par une Compagnie anglaise ;
1877 : découverte de la faille principale ;
1883 : rares travaux de recherches sur les flancs de la Colle-Noire ;
1892 : essais de traitements par voie humide (solution d'acide sulfurique réagissant sur le minerai broyé) ;
1899 : rachat par une Compagnie française ;
1903 : nouveau changement de propriétaire ; installation d'une usine capable de traiter annuellement 20.000 tonnes de minerai. Elle cesse presque immédiatement son activité ;
1916 : dernière reprise des travaux, arrêtés définitivement en 1917.

Comme dans beaucoup de mines métropolitaines, nous voyons, après un beau départ, une extraction intermittente, mal conduite et l'on peut dire que dès 1867 l'exploitation, à peine rentable, n'a servi qu'à des combinaisons financières plus ou moins stables.

Il eût fallu, à partir de cette époque, entreprendre des recherches systématiques ou abandonner complètement le gisement.

MINÉRALOGIE

A. — ÉTUDE DES MINÉRAUX OPAQUES ET DES GANGUES

L'étude en plaques minces et surtout en sections polies des minerais du Cap Garonne s'est montrée d'un grand intérêt pour expliquer la genèse de ce gisement.

Comme toute la minéralisation est localisée dans le conglomérat, c'est par un rapide aperçu des constatations faites en plaques minces que je débuterai :

Conglomérat : 1° Les galets.

Exclusivement formés par le quartz ils ont des dimensions très variables, tantôt microscopiques, tantôt atteignant une vingtaine de centimètres. Ils sont probablement d'origine filonienne, hydrothermale, de moyenne profondeur.

En effet, ces grains et galets sont constitués d'éléments mesurant en moyenne 1/4 de mm. dont les contours, extrêmement dentelés, s'engrènent mutuellement sans l'interposition d'aucun ciment.

Ces particules n'ont pas l'aspect « nourri » caractéristique des bancs de quartzite remaniée. Elles sont souvent allongées et se disposent parallèlement à une direction commune.

Des extinctions roulantes presque constantes suggèrent qu'elles ont subi de puissantes déformations mécaniques. Certaines présentent des inclusions opaques pouvant provenir de la minéralisation primitive.

On ne rencontre pas les formes fibreuses de silice fréquentes dans les filons de basse température. On peut donc admettre que ces galets résultent de la démolition de filons de profondeur moyenne.

En dehors des grands galets arrondis, on observe de minuscules débris de quartz anguleux dont certains conservent des contours cristallins nets.

2° Le ciment.

Dans la plupart des échantillons étudiés, c'est le minéral tantôt sulfuré, tantôt oxydé qui forme le ciment.

a) *Ciment sulfuré :* chalcocite, covellite et tennantite ; c'est le type le plus fréquent.

b) *Ciment oxydé :* azurite, malachite et minéraux plus rares souvent associés à la goethite-limonite.

Pendant la minéralisation se dépose aussi un peu d'opale qui est parfois en voie de cristallisation ; l'examen des échantillons à la loupe binoculaire montre d'ailleurs le développement de cristaux de quartz secondaires avec les minéraux oxydés. Lotti avait également identifié le kaolin et des produits micacés.

Ce ciment minéralisé pose un problème intéressant : s'agit-il du ciment originel du conglomérat ? c'est très vraisemblable ; sinon, il faudrait admettre un remplacement récent d'un ciment non métallifère du poudingue par des produits de cémentation.

MINÉRAUX OPAQUES

Étant donné leur exiguïté, la plupart n'ont pu être étudiés qu'en section polie, à l'exception de la galène, de la blende et de la tennantite qui forment parfois des masses suffisantes pour une étude minéralogique plus complète.

Nous allons commencer par ces derniers :

Blende : ZnS.

— Non signalée dans le gîte. J'en ai trouvé un seul échantillon au point F.

— Profondément corrodée, elle n'offre pas de forme identifiable. Brune, ambrée, translucide.

— *Densité :* 4,12 sur une prise de 65 mgs.

L'analyse qualitative montre la présence des éléments suivants : S, Zn, Fe en traces, pas de Mn, pas de Cd.

La blende joue le rôle d'agent précipitant pour les solutions cuivreuses supergènes. Les éléments de blende sont en effet corrodés et recouverts de covellite pulvérulente.

Galène : PbS.

Elle se rencontre parmi les éléments clastiques du conglomérat en fragments d'assez grande taille et plus rarement, à l'intérieur des galets.

Elle ne présente pas de forme distincte ; sa texture est lamellaire avec de grandes faces de clivage.

— *Densité :* 7,53 sur 210 mgs.

— *Analyse qualitative :* PbS recherche négative pour As, Ag, Sb, Bi.

Elle a joué un rôle analogue à celui de la blende, étant elle aussi corrodée et recouverte de covellite pulvérulente.

Tennantite : (Cu, Fe) 12, As^4, S^{13}.

Rare à l'état macroscopique ; j'ai rencontré une seule masse de quelques cm^3 formée de cristaux tétraédriques corrodés.

— Cassure brillante, gris de fer, poussière brune.

— *Dureté :* 4.

— *Densité :* 4,67 sur 74 mgs.

— L'analyse quantitative montre en plus des éléments constitutifs la présence de Co, Zn, Pb.

Elle est très fréquente à l'état microscopique.

Chalcocite : Cu_2S.

Facilement identifiable par ses propriétés optiques et par ses caractères de corrosion. Il s'agit de la variété blanche qui, attaquée par l'acide nitrique, montre un réseau orthorhombique. Dans quelques cas apparaissent les variétés bleues qui sont considérées comme des solutions solides de covellite dans la chalcocite. On a donc affaire à un dépôt formé au-dessous de 91°.

Covellite : CuS.

Caractérisée par son intense pléochroïsme de réflexion et par ses teintes rouges entre nicols croisés. Si la reconnaissance de cette espèce est immédiate en section polie, il n'en est pas de même macroscopiquement, les mouches de covellite étant généralement de petite taille.

Le minéral est très poreux et paraît noir. Il est certainement à l'origine de la détermination de mélaconite dans le gisement, cette dernière est, en effet, considérée par plusieurs auteurs comme un des minéraux de cuivre le plus répandu au Cap Garonne où je ne l'ai jamais rencontré ni en sections polies, ni en échantillons macroscopiques.

Chalcopyrite : $CuFeS_2$.

Reconnue à sa coloration jaune, considérée comme très rare à la Garonne, elle semble au contraire assez fréquente en éléments microscopiques.

Bornite : Cu_5FeS_4.

Non signalée dans le gîte. Isotrope, brun orangé.

Pyrite : FeS_2.

Non signalée. A été rencontrée en petits éléments dans les galets du conglomérat. Sa coloration jaune pâle, son isotropie, son aspect piqueté et sa dureté suffisent à caractériser cette espèce.

Cuivre natif.

Sa présence n'est pas certaine, car sa petite taille, la rareté des éléments microscopiques ne permettent pas d'affirmer son existence d'une manière catégorique.

EXAMEN MICROSCOPIQUE DES ÉCHANTILLONS EN LUMIÈRE RÉFLÉCHIE

Échantillon I. — (Fig. 47, pl. VIII.) Prélevé au point G (fig. 2, pl. XII).

Il s'agit d'un des aspects les plus fréquents des minerais sulfurés de la Garonne : le poudingue se montre constitué principalement par des galets arrondis de 0,5 à 1 cm. entre lesquels s'interposent des éléments clastiques plus petits et de forme moins régulière. Le tout avec un ciment essentiellement sulfuré où prédomine la chalcocite.

Chalcocite.

Elle appartient à la variété blanche, avec parfois des plages bleues. Quand les cavités à remplir sont de petites dimensions, elle constitue le seul élément du ciment.

Si elles sont plus importantes, la chalcocite présente une allure bien spéciale : elle recouvre les galets d'une couche continue, d'épaisseur assez constante (1/8 de mm. environ), son aspect est remarquablement concrétionné.

L'espace laissé vide entre les mamelons de chalcocite sera comblé, comme nous le verrons, par le cuivre gris arsenical.

Une attaque pendant trois secondes par l'acide nitrique concentré met en évidence l'aspect caractéristique des chalcocites orthorhombiques de basse température ; il s'agit d'agrégats finement grenus, chaque grain mesure individuellement 1/20 de mm. en moyenne, montrant intérieurement des lignes parallèles correspondant aux clivages. Ainsi se trouve réalisée la structure attribuée par Schneiderhöhn (3) aux chalcocites formées au-dessous de 91° par des solutions descendantes.

De plus, l'attaque nitrique fait ressortir l'allure concrétionnée du minéral.

La chalcocite apparaît aussi dans les galets, elle y remplit des cavités atteignant au plus 0,2 mm., limitées par des pointements de petits cristaux de quartz. Elle représente soit le

remplissage initial de ces cavités, soit, ce qui est plus vraisemblable, un produit de transformation sur place de chalcopyrite primaire.

Tennantite.

Elle complète le remplissage des cavités, se logeant au centre des grandes plages de chalcocite. Elle ne présente jamais de formes cristallines; on la reconnaît par l'attaque nitrique qui la laisse intacte alors qu'autour d'elle la chalcocite est fortement corrodée.

Chalcopyrite.

Se rencontre sous deux conditions :

a) à l'intérieur des galets, en petits éléments allongés atteignant 1/10 de mm., mais souvent beaucoup plus petits. Ces inclusions représentent certainement une minéralisation primaire associée au quartz ;

b) en petites inclusions de 1/50 de mm. dans la chalcocite du ciment. On ne peut dire s'il s'agit de résidu de minéralisation primaire ou de produit de cémentation.

Ce premier échantillon ne renfermait pas de covellite.

Échantillon II. — (Fig. 43, pl. VIII) provenant du point F. (Fig. 2, pl. XII.)

L'aspect du poudingue est analogue à celui de la première section, mais l'on constate déjà macroscopiquement que la covellite forme la plus grande partie du ciment sulfuré.

Covellite.

Elle constitue le ciment des galets en plages qui atteignent 2 mm. Grâce au pléochroïsme de réflexion du minéral, on s'aperçoit que ces plages sont constituées de lamelles diversement orientées dont la taille varie entre 1/10 et 1/50 de mm. Le minéral se comporte comme la chalcocite dans la première section examinée : il remplit les petites cavités mais laisse au centre des plus grandes des espaces libres qui seront comblés par la tennantite.

Elle présente souvent des aspects concrétionnés, en couches très fines, alternant avec des couches grisâtres d'un minéral dont le pouvoir réflecteur est analogue à celui du quartz. Il s'agit vraisemblablement de silice colloïdale. Cette structure de précipitation rythmique suggère l'idée d'un dépôt en milieu dispersé.

Tennantite.

Elle n'apparaît qu'au centre des plages de covellite dont elle moule les cristaux, constituant l'élément tardif du remplissage sulfuré.

Pyrite.

Existe en petits éléments (1/100 de mm.) dans le quartz des galets.

Cette section ne renferme pas de chalcocite.

Échantillon III. — (Fig. 46, pl. VIII) prélevé au point G. (Fig. 2, pl. XII.)

Conglomérat à grain fin (éléments clastiques de l'ordre de 1/4 à 1 mm.) très dense, le ciment étant constitué de chalcocite et de covellite.

Chalcocite.

C'est le minéral dominant du ciment. Les structures d'attaque par l'acide nitrique sont toujours celles des chalcocites orthorhombiques. On peut distinguer deux catégories dans ces plages de chalcocite :

a) plages monocristallines atteignant 1/2 mm. et présentant sur toute leur surface des clivages parallèles continus ;

b) agrégats cristallins, la taille des grains variant entre 1/10 et 1/20 de mm.

Covellite.

Elle se présente en lames allongées à l'intérieur des plages de chalcocite. Ces lamelles atteignent 1/4 sur 1/20 de mm.

Elles sont souvent orientées parallèlement entre elles et suivant les clivages de la chalcocite. Cette disposition bien connue n'apparaît qu'après l'attaque nitrique. L'association intime des deux minéraux suggère une communauté d'origine sinon une simultanéité de dépôt.

Échantillon IV. — (Fig. 45 et 48, pl. VIII.)

Contrairement aux trois sections déjà décrites, les minéraux opaques ne sont pas localisés dans le ciment, celui-ci, principalement siliceux, renferme un galet constitué par la tennantite et d'autres minerais métalliques.

Tennantite.

Elle devait former primitivement la presque totalité du galet opaque (en association vraisemblablement avec un peu de chalcopyrite), mais elle est partagée en plages résiduelles, à contours découpés par une multitude de filonnets de covellite qui se sont développés à ses dépens et l'ont partiellement remplacée (fig. 45).

Chalcopyrite.

Elle forme dans le cuivre gris des petites plages sans formes cristallines atteignant au plus 1/4 de mm. On a nettement l'impression qu'il s'agit de plages déjà résiduelles dans le minerai primaire où elle devait être en grande partie remplacée par la tennantite.

Bornite.

Apparaît en petites plages (1/20 de mm.) aux limites chalcopyrite et tennantite. Elle renferme souvent de petites inclusions de covellite.

Covellite.

Recoupée en veinules de 1/100 à 1/20 de mm. de puissance, la tennantite formant parfois avec elle un assemblage de plages résiduelles en *Ice cake*. Elle est associée à un peu d'opale.

Il est curieux de constater que les veinules de covellite ne remplacent que la tennantite et s'interrompent au contact des plages de chalcopyrite. Il y a là un exemple intéressant de remplacement sélectif (fig. 48).

Cuivre natif.

Quelques inclusions de très petite taille (au-dessous de 1/100 de mm.) sont visibles dans la bornite. Leur très fort pouvoir réflecteur, leur coloration rosée pâle permettant de les rapporter avec vraisemblance au cuivre natif.

Échantillon V. — (Fig. 44, pl. VIII) prélevé au point F. (Fig. 2, pl. XII.)

Cette section a été taillée dans un fragment de blende profondément corrodée, rencontrée au milieu d'une petite masse de covellite. Elle a été certainement attaquée par des solutions cuivreuses et leur a servi d'agent précipitant.

L'examen en lumière réfléchie montre qu'il s'agit d'une blende peu colorée, à vives réflexions internes, jaune clair entre nicols croisés. Elle est donc peu ferrifère. Malgré la présence certaine de minerai cuivreux dans le gîte primaire, elle ne présente aucune inclusion de chalcopyrite. Ce fait, rapproché de sa faible teneur en Fe, constitue une forte présomption en faveur d'une blende hydrothermale de moyenne ou de faible température.

L'attaque par le permanganate de potassium sulfurique (1/2 heure) montre que cette blende constitue un agrégat de cristaux de 1 à 3 mm. de diamètre. Ils sont sensiblement isodiamétraux et maclés. Une fine striation oblique due au clivage traverse les lamelles de macle de deux en deux. Tous ces faits montrent qu'il s'agit d'un fragment clastique de blende filonienne emballé dans le conglomérat au même titre que les galets.

CONCLUSIONS DE L'ÉTUDE DES MINÉRAUX OPAQUES ET DES GANGUES

L'examen de ces minéraux et, en particulier, les relations structurales observées au microscope permettent de répartir les minéraux sulfurés du Cap Garonne en deux catégories :

a) *Matériaux détritiques.* — Blende, galène, pyrite, tennantite et chalcopyrite ; ils forment des galets indépendants dans le conglomérat ou se trouvent enclavés dans les galets quartzeux. Ces minéraux existaient certainement dans les filons dont le remaniement est à l'origine du poudingue du Cap Garonne.

La tennantite et la chalcopyrite peuvent être remises en mouvement et se déposer à nouveau par cémentation.

b) *Minéraux formés* in situ. — Ils n'ont jamais été rencontrés parmi les matériaux détritiques et sont particuliers au ciment du conglomérat. Ce sont des produits typiques de cémentation formés à basse température : chalcocite, covellite et probablement cuivre natif.

La place de la bornite est assez difficile à établir; la bornite brune est généralement hypogène tandis que sa variété violette appartient à la zone de cémentation ; comme nous avons vu qu'il s'agit ici de la première variété, nous pouvons lui attribuer une origine filonienne.

Unité des minéralisations opaques cuprifères et plombifères.

On peut lire dans le travail de B. Lotti (4), paru en 1901, les lignes suivantes :

« Dans cette zone se trouvent deux parties différemment minéralisées : une partie supérieure, minéralisée exclusivement en plomb (galène) et une partie inférieure qui contient seulement du minerai de cuivre ; entre les deux couches existe d'ordinaire une séparation bien nette. »

En réalité, il n'y a pas deux zones minéralisées distinctes mais une seule couche plombo-cuprifère présentant à sa partie supérieure une certaine concentration de galène, alors que dans la partie inférieure dominent la chalcocite et la covellite.

Les phénomènes de cémentation expliquent la structure de a couche minéralisée.

Considérons en effet la série :

Hg, Ag, Cu, Bi, Cd, Pb, Zn, Ni, Co, Fe.

On sait que les sulfures des métaux situés à droite réduisent les sulfates des métaux situés à gauche.

Supposons une répartition uniforme des minéraux clastiques à la partie supérieure de la couche ; les sulfures cuprifères facilement attaquables donnent des solutions sulfatées descendantes qui précipitent sur la galène et sur la blende (d'où le dépôt observé de covellite sur ces deux minéraux), ou se déposent plus bas entre les galets du poudingue.

Lotti croyait également pouvoir distinguer une concentration du plomb dans la partie Est de la mine. Les nombreuses observations que j'ai faites montrent que les minéraux plombifères sont répartis d'une façon quelconque dans le gîte. Signalons toutefois l'existence de poudingue à cérusite dans la partie Nord de la mine.

B. — ÉTUDE DES MINÉRAUX OXYDÉS

Nous abordons avec ces minéraux la partie la plus développée de ce travail. Un long séjour sur le terrain m'a permis de recueillir de nombreuses espèces et de compléter les documents déjà existant sur le gisement. Certains de ces minéraux n'avaient pas encore été signalés au Cap Garonne et plusieurs d'entre eux étaient même inconnus en France.

Je décrirai les espèces dans l'ordre alphabétique en envisageant pour chacune les caractères suivants :

Faciès cristallographique.

Partie généralement peu développée à cause de la petitesse des cristaux et de leur tendance à former des assemblages polysynthétiques.

Propriétés physiques.

— *Dureté :* (échelle de Mohs) cassure, clivage.

— *Coloration du minéral* et de sa poussière en se rapportant au Code universel des couleurs de E. Següy (5).

Propriétés optiques :

Indices de réfraction déterminés par la méthode de l'immersion ; au-dessus de 1,74 j'ai utilisé les mélanges suivants :

— de 1,740 à 2,10 : milieux à base de pipérine, d'iodure d'arsenic et d'antimoine; au-dessus de 2,10 : mélange de soufre et sélénium;

A partir de 1,74, la précision ne dépasse pas une unité de la seconde décimale. Les mesures ont été effectuées en lumière monochromatique (Na) (6).

Densité : j'ai appliqué la méthode hydrostatique en utilisant des micronacelles en pyrex ou en quartz de 3 × 5 mm. ou de 5 × 12 mm. de diamètre extérieur suspendues par des fils de tungstène de 8/100, le liquide étant le tétrachlorure de carbone qui offre les avantages suivants : faible tension d'évaporation, faible coefficient de dilatation, mouillabilité élevée et forte densité.

Pour une prise de 100 mgr. d'un minéral de densité 5 en utilisant la micronacelle de 5 × 12 mm. et une balance au 1/10 l'erreur sera au maximum égale à 1,5 unité de la seconde décimale.

Pour une prise de 50 mgr. d'un minéral de même densité, avec la plus petite nacelle, l'erreur ne dépasse pas 2 unités de la seconde décimale.

Dans certains cas, j'ai dû me contenter de l'immersion dans les liqueurs lourdes.

Propriétés chimiques.

Analyse qualitative : effectuée par des microméthodes sur des cristaux isolés soigneusement à l'aide de la loupe binoculaire (7).

Analyse quantitative : j'ai analysé quantitativement les espèces peu communes toutes les fois que j'en avais des quantités suffisantes à ma disposition; j'expose rapidement pour chaque cas les principes et la marche à suivre.

Rayons X.

Comparaison des diagrammes de poudre obtenus avec les minéraux du gisement et avec les minéraux types. Emploi de radiations monochromatiques ($CuK\alpha$) sous 30.000 V. et 10 mA. chambre de 240 mm. de circonférence.

Gisements et associations.

Je signale sous cette rubrique les points de prélèvements les plus intéressants ainsi que la nature de la gangue et des minéraux associés.

Enfin, je placerai chaque espèce dans un ordre chronologique par rapport au minéraux qui y sont associés et je chercherai à faire une synthèse de ces observations dans ma conclusion.

SÉRIE OLIVÉNITE-ADAMITE

AsO_4 Cu, Cu (OH) — AsO_4Zn, Zn (OH).

Ces minéraux sont les plus répandus parmi les espèces secondaires de ce gisement. Ils sont assez longuement décrits par Lacroix (8) qui étudie séparément, d'une part, l'olivénite et, d'autre part, l'adamite avec ses variétés cuprifères et cobaltifères : cupro- et cobaltoadamite.

J'ai recueilli en place et sur les haldes un grand nombre d'échantillons de ces espèces; leur étude m'a montré l'existence de nombreux types intermédiaires entre l'olivénite et l'adamite, certaines cuproadamites étant plus proches de celle-

là, il me semble donc illogique de séparer les deux termes de cette série dans ce travail.

Dans la suite de mon exposé, j'appellerai donc olivénite le minéral contenant moins de 3 % de ZnO, olivénite zincifère celui où ce rapport varie entre 3 et 23 %.

De même, je parlerai d'adamite si la somme CuO et CoO est inférieure à 3 % et d'adamite cuprifère ou cobaltifère lorsque CuO et CoO varient entre 3 et 28 %.

Faciès : *orthorhombique.*

a) *Olivénite et variété zincifère.*

On peut distinguer plusieurs types :

Type I. — Cristaux aplatis suivant h^1 et allongés suivant l'axe vertical (fig. 1, pl. XIII) avec face h^1 (100), m (110), e_1 (011), ce type ne se trouve représenté que par l'olivénite. Les cristaux les plus développés ($4 \times 2 \times 1$ mm.) étant polysynthétiques.

Il se trouve aussi en individus très aplatis sur h_1, groupés en rosettes d'assez forte dimension ($12 \times 4 \times 1$ mm.) mais de forme peu distincte ; souvent aciculaires, ils atteignent 8 mm. s'associant en cristaux polysynthétiques qui, à leur tour, peuvent donner naissance à des masses stalactiformes.

Type II. — Moins fréquent, représenté surtout par les olivénites zincifères. Le faciès est octaédrique par suite du développement égal des faces m et e^1 (fig. 2, pl. XIII). Les cristaux ne dépassent pas 1 mm. 5. Seuls ceux de très petite taille semblent homogènes, la grande majorité d'entre eux étant zonée avec une partie centrale plus claire.

Type III. — Rare, il ne se trouve que dans les olivénites zincifères en cristaux allongés suivant l'axe a, souvent aplatis suivant g^1 (010) ou e^1 (011) (fig. 4, pl. XIII) qui peuvent atteindre 4×1 mm. en assemblages polysynthétiques. Ils se présentent aussi en baguettes très allongées de $3 \times 3/10$ de mm. dont certaines possèdent des faces parfaites (fig. 5, pl. XIII).

L'olivénite se rencontre également en cristaux avellanaires ou en enduits cristallins gris verdâtre avec un éclat nacré ou

soyeux lorsqu'ils recouvrent les cristaux d'adanite cobaltifère. Parfois aussi en cristaux aciculaires vert blanchâtre ou en paquets de fines aiguilles colorées par l'hydroxyde de fer avec des zones diversement teintées (Wood-Copper).

b) *Adamite et variétés.*

Il nous faut distinguer l'adamite cuprifère et l'adamite cobaltifère.

1° Adamite cuprifère :

Elle n'a pas été découverte dans ce gîte en cristaux mesurables, car les individus de quelque importance résultent de l'accolement de nombreux cristaux ou présentent des faces courbes. Je distinguerai cependant un type octaédrique et des cristaux semblables au type III de l'olivénite. Fréquemment formés par un assemblage d'individus capillaires, ils sont généralement groupés en étoiles constituant des croûtes microcristallines.

2° Adamite et adamite cobaltifère :

Ces cristaux parfois pourvus de faces réfléchissantes nettes et bien formées s'allongent suivant l'axe *b* et présentent les faces *m* (110), e^1 (011) et a^1 (101) avec un fort développement de cette dernière. Lacroix cite, en outre, les faces $b^{1/2}$ (111) et g^3 (120) (fig. 6 et 7, pl. XIII).

Les cristaux mesurables ne dépassent guère 3 mm., ceux de plus grande taille étant polysynthétiques. Ils prennent souvent une forme octoédrique arrondie en grain de blé.

Le seul échantillon d'adamite que j'ai trouvé dans ce gîte est formé par des cristaux incolores, isodiamétraux, de taille inférieure à 0,5 mm.

c) *Cristaux mixtes.*

Ceux-ci sont fréquents, particulièrement entre les adamites cuprifères et cobaltifères, leurs formes sont peu distinctes et ils ne possèdent pas de faces mesurables. Certains très aplatis atteignent une taille importante (14 × 6 × 1 mm.). J'ai trouvé

un spécimen où un même individu réunit l'olivénite et les deux variétés d'adamite (fig. 8, pl. XIII).

Ces cristaux mixtes sont fréquemment enchevêtrés, ils reposent sur la gangue par leur face la plus largement développée et forment à la surface du poudingue une mince couche ou un vernis cristallin.

Propriétés physiques.

Clivage net suivant a^1 pour l'adamite cobaltifère relativement facile pour l'olivénite du type I suivant e^1. Je n'ai pu le déterminer pour les autres variétés.

— Cassure conchoïdale.

— *Dureté :* 3 à 3,5. Fragile.

— *Coloration et éclat.*

a) *Olivénite et variété zincifère :*

Vert noir à vert olive, vert blanchâtre (431, 426, 432, 401, 422, 428, 429, 434, 303, 304, 405, 400).

Les variétés colorées par la limonite sont brun orangé (211).

b) *Adamite cuprifère :*

Vert olive à blanc vert (426, 423, 424, 370).

c) *Adamite cobaltifère :*

De rose pâle à carmin (48, 150, 139, 148), la proportion de Co semble être en rapport avec l'intensité de la coloration.

d) *Adamite :*

Éclat : incolore avec léger reflet rose.

Poussière : olivénite et variété : vert d'eau (400).

Adamite et variétés : incolore à rose (5) vert d'eau pâle (330). Éclat : olivénite et variété zincifère : vitreux, inclinant au résineux, nacré et soyeux pour les variétés fibreuses, vitreux et adamantin sur le clivage pour l'adamite.

Densité :

Olivénite type I, prise 82 mgr : 4,38 (ZnO = 1,39 %).
Olivénite zincifère, type II, prise 53 mgr : 4,35 (ZnO = 9%).
Adamite cuprifère vert clair, prise 60 mgr : 4,32 (ZnO = 19,32 %).
Adamite cobaltifère rose foncé, prise 112 mgr : 4,42 (CuO = 3,14 et CoO = 4,46 %).

Propriétés optiques :

Plans des axes optiques parallèles à p (001), bissectrice aiguë positive. Forte dispersion.

Indices de réfraction :

Olivénite $n_g = 1,76$ $n_m = 1,80$ $n_p = 1,85$ peu pléochroïque.
Olivénite zincifère : $n_p = 1,739$ $n_m = 1,770$ $n_g = 1,818$ peu pléochroïque (ZnO = 9 %).
Adamite cuprifère : $n_p = 1,72$ $n_m = 1,742$ $n_g = 1,768$ pléochroïque (CuO = 19,32 %).
Adamite cobaltifère : $n_p = 1,710$ $n_g = 1,778$ pléochroïque, rose carmin suivant n_p (CoO = 4,46 %).

Le phéochroïsme croît avec la teneur en ZnO alors que l'indice de réfraction diminue.

Propriétés chimiques.

Analyse qualitative :

Olivénite : As_2O_5, CuO, ZnO, H_2O, Fe_2O_3, Al_2O_3, P_2O_5, CaO, faibles traces de CoO.
Adamite cuprifère : As_2O_5, CuO, ZnO, H_2O, CaO, P_2O_5, CoO.
Adamite cobaltifère : As_2O_5, CuO, ZnO, CoO, H_2O, CaO, Fe_2O_3, Al_2O_3, SiO_2.

Analyse quantitative : Dissoudre dans acide nitrique 1/1. Diluer, filtrer : insoluble. Aller à sec. Reprendre par acide chlorhydrique au 1/10°. Filtrer : SiO_2.

Filtrat. Saturer par anhydride sulfureux, puis éliminer l'excès de gaz sulfureux, passer à l'hydrogène sulfuré, laisser reposer puis laver le précipité de sulfure de cuivre et de sulfure d'arsenic ; le placer dans une capsule avec une solution contenant

25 % de monosulfure de sodium. Porter au bain-marie, filtrer et laver le résidu avec la même solution, puis, à l'eau, doser le sulfure de cuivre obtenu par électrolyse après dissolution.

Dissoudre dans l'acide nitrique fumant le filtrat des sulfosels. Doser l'arsenic par le pyroarséniate. Porter le filtrat sulfhydrique à l'ébullition en présence d'acide nitrique puis précipiter le bloc phosphate de fer et aluminium par l'ammoniaque.

Ajouter de l'acide acétique au filtrat ammoniacal et précipiter le sulfure de zinc et le sulfure de cobalt par l'hydrogène sulfuré. Laver et filtrer, dissoudre le précipité dans l'acide chlorhydrique, précipiter le cobalt par l'alphanitrosobetanaphtol, transformer le précipité en sulfate, calciner et peser. Précipiter le sulfure de zinc dans le filtrat préalablement neutralisé.

Résultats :

1. — Formule type olivénite.
2. — Olivénite Cap Garonne. Type I, prise 936 mgs.
3. — Olivénite zincifère. Type III, 262 mgs. Cap Garonne.
4. — Cuproadamite (Pisani (9)). Cap Garonne.
5. — Adamite cuprifère, type III, prise 170 mgs. Cap Garonne.
6. — Adamite cobaltifère, rose carmin, 380 mgs. Cap Garonne.
7. — Cobaltoadamite (Pisani C. S.). Cap Garonne.
8. — Cobaltoadamite (Damour 10). Cap Garonne.
9. — Adamite incolore impure, prise 230 mgs. Cap Garonne.
10. — Formule type adamite.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO_2....	—	0,3	0,2	—	—	0,8	—	—	0,7	—
CuO....	56,1	51,6	44,3	23,54	19,3	3,1	—	1,75	0,9	—
ZnO....	—	1,4	9,0	31,81	35,2	49,5	52,50	49,11	52,8	56,7
CoO....	—	tr.	tr.	0,52	0,4	4,5	3,92	5,16	0,5	—
As_2O_5...	40,7	39,2	40,2	39,85	39,9	38,3	38,50	39,24	39,3	40,2
Fe_2O_3...	—	1,5	0,9	—	0,2	0,4	—	—	1,8	—
Al_2O_3...	—	0,8	0,6	—	—	0,3	—	—	0,7	—
CaO....	—	0,2	0,2	0,87	0,3	—	—	—	—	—
P_2O_5....	—	0,1	tr.	—	—	—	—	—	—	—
H_2O....	3,2	4,5	(4,6)	3,68	(4,7)	4,1	3,57	4,25	(3,3)	3,1
	100,0	99,6	100,0	100,27	100,0	101,0	98,49	99,51	100,0	100,0

Il est intéressant de noter que ce gisement est, avec celui du Tsumeb (SWA) (11), le seul à fournir un aussi grand nombre de termes de cette série.

Rayons X.

Comparaison entre les spectres de poudre des minéraux suivants (tableau 1) :

TABLEAU 1

DÉPOUILLEMENT DES DIAGRAMMES DE POUDRE.
(Rayonnement filtré Cu Kα.)

1°		2°		3°		4°	
d (Å)	I	*d* (Å)	I	*d* (Å)	I	*d* (Å)	
—	—	—	—	—	—	—	—
5,92	F	5,95	F	5,95	F	5,97	m
4,87	FF	4,87	FF	4,86	F	4,84	F
4,22	F	4,21	F	4,21	F	4,20	m<
3,72	>m	3,73	m	—		—	
—		—		3,84	f	3,80	
2,96	FF	2,96	FF	2,96	FF	2,97	FF
2,68	F	2,67	FF	2,70	ff	2,70	ff
—		—		2,65	f	2,66	f
2,61	f	2,61	f	2,62	ff	2,61	ff
2,57	f	2,54	f	—		—	
2,52	f	2,51	f	—		—	
2,45	FF	2,43	FF	2,45	m	2,46	F
2,40	m	2,39	m	2,40	m	2,40	F
2,34	m	2,33	m	2,34	m<	2,34	f
—		—		—		2,12	ff
—		2,09	f	—		—	
2,00	ff	2,00	ff	2,01	f	1,97	ff
1,95	f	1,95	f	—		—	
1,91	ff	1,90	ff	—		1,88	f
1,88	ff	1,87	ff	—		—	
—		1,74	ff	—		—	
1,71	f	1,70	f	—		1,68	ff
1,66	f	1,65	>m	1,65	ff	1,65	f
—		1,63	ff	1,62	ff	1,62	f
1,60	F	1,60	FF	1,60	f	1,60	m
1,57	ff	1,58	f	1,58	f	1,57	>m
1,51	m	1,50	m	—			
1,48	m	1,48	>m	1,48	f		
1,39	ff	1,39	ff				
1,34	f	1,34	f				
1,33	ff	1,33	ff				
1,31	ff	1,31	ff				
1,28	f	1,28	f				

1° adamite incolore du Laurium (Grèce),
2° adamite cobaltifère, Cap Garonne (analyse 6),
3° olivénite zincifère, Cap Garonne (analyse 3),
4° olivénite, Cap Garonne (analyse 2).

Gisements et associations.

L'olivénite est répandue partout dans le gîte. Je citerai cependant les endroits où elle se trouve en spécimens plus remarquables et, spécialement, la partie Nord-Ouest de la mine. J'ai trouvé au point B (fig. II, pl. XII) une fissure dont les parois étaient tapissées de cristaux d'olivénite du type I. On peut parfois recueillir des masses pesant plus d'un kilogramme dont la surface est recouverte de cristaux parfaits. Certains de ces échantillons peuvent rivaliser avec les spécimens du Cornwall. L'olivénite zincifère est fréquente aux points A et F.

Les adamites plus rares dans le gisement sont surtout concentrés dans la partie Nord de la mine sur les fronts de taille extérieurs, les plus beaux cristaux des variétés cuprifères et cobaltifères proviennent du point C. Il est intéressant de noter que le poudingue à gros galets quartzeux qui forme la gangue de ces adamites ne renferme qu'exceptionnellement des minéraux sulfurés.

Ces deux espèces sont associées à un certain nombre de minéraux qui leur sont, en partie, postérieurs et, en partie, antérieurs :

1° *Minéraux accompagnant olivénite et variété zincifère :*

a) plus anciens : adamite, barytine, arséniate hydraté de plomb et cuivre, beudantite, mansfieldite et variété, mimétite, pharmacosidérite, zeunérite ;

b) plus récents : azurite, brochantite, conichalcite, malachite, tyrolite.

2° *Minéraux accompagnant l'adamite cuprifère :*

a) plus anciens : adamite, barytine, arséniate hydraté de plomb et cuivre, beudantite, duftite, mimétite, pharmacosidérite ;

b) plus récents : azurite, gypse, malachite, olivénite.

3° *Minéraux accompagnant l'adamite cobaltifère :*

a) plus anciens adamite ;
b) plus récents : azurite, adamite cuprifère, olivénite.

L'étude des cristaux complexes confirme bien cette succession : adamite, adamite cobaltifère, adamite cuprifère, olivénite zincifère, olivénite.

LEUCOCHALCITE
ESPÈCE DISCRÉDITÉE, VARIÉTÉ MORPHOLOGIQUE D'OLIVÉNITE

Cette espèce fut découverte à la Mine Wilhelmine. Somerthal. Spessart (12). Elle fut ensuite retrouvée par Lacroix à Mindouli (Congo français) (13).

Ayant trouvé dans la mine du Cap Garonne des échantillons très comparables aux spécimens types de leucochalcite, je fus amené à une étude détaillée de ce minéral, qui prouve l'identité complète existant entre l'olivénite et la leucochalcite.

Faciès : *orthorhombique.*

Mine Wilhelmine : le minéral se présente en rosettes de fines aiguilles intimement mélangées avec du mica blanc.

Cap Garonne : se trouve dans les fissures du poudingue cuprifère en feutrages de cristaux aciculaires, flexibles. Parfois recouverts de limonite. La coloration varie entre le blanc et le gris, avec des reflets verdâtres.

Ce faciès est identique à certaines olivénites de Cornouailles.

Propriétés physiques.

Éclat soyeux, plus ou moins vif.

Optique. Biaxe positif, extinction droite, signe d'allongement positif, forte dispersion.

Les indices de réfraction sont les suivantes : olivénite : varient entre ces limites (Larsen) (6).

$n_p = 1{,}742$ à $1{,}772$ — $n_m = 1{,}788$ à $1{,}810$ — $n_g = 1{,}829$ à $1{,}863$.

Leucochalcite : Spessart.

$n_p = 1{,}78$ et $1{,}79$ — $n_m = 1{,}80$ à $1{,}807$ — $n_g = 1{,}84$.

Cap Garonne :

$n_p = 1{,}77$, $n_m = 1{,}80$, $n_g = 1{,}84$.

Si l'on excepte une unité de la seconde décimale de n_p de la leucochalcite de Spessart, on s'aperçoit d'une complète identité entre les mesures optiques.

Densité : supérieure à 3,33. La leucochalcite du Cap Garonne prise en fibres isolées montre une densité comparable à celle de l'olivénite du même gisement en opérant avec la liqueur de Clérici diluée.

Propriétés chimiques.

Le peu de matière à ma disposition ne m'a permis d'effectuer que des analyses qualitatives :

leucochalcite Spessart : CuO, As_2O_5, H_2O, CaO, P_2O_5,

leucochalcite Cap Garonne : CuO, As_2O_5, H_2O, ZnO.

Une analyse qui a servi à définir l'espèce fut effectuée par Sandberger sur le produit de Spessart.

As_2O_5 : 37,89 ; P_2O_5 : 1,60 ; CuO : 47,10 ; CaO : 1,56 ; MgO : 2,28 ; perte au feu : 9,57 ; total : 100,00.

Si l'on excepte la difficulté d'arriver à 100,00 en effectuant une perte au feu, on peut cependant remarquer que cette dernière méthode ne donne aucune certitude quant à la proportion de l'eau contenue dans le minéral, ce qui est pourtant, dans le cas présent, la donnée la plus importante pour la définition de l'espèce.

Rayons X.

Comparaison entre les spectres de poudre de la leucochalcite de Spessart, de celle de la Garonne et de l'olivénite de ce même gisement (tableau II).

TABLEAU 2

DÉPOUILLEMENT DES DIAGRAMMES DE POUDRE.
(Rayonnement filtré Cu Kα.)

OLIVENITE CAP GARONNE		LEUCOCHALCITE SPESSART		LEUCOCHALCITE CAP GARONNE	
d (Å)	I	*d* (Å)	I	*d* (Å)	I
—	—	—	—	—	—
5,97	m	5,95	> m	5,93	> m
4,84	F	4,85	F	4,83	F
4,20	> m	4,19	> m	4,17	> m
3,80	f	3,81	f	3,79	f
2,97	FF	2,97	FF	2,97	FF
2,70	ff	2,71	ff	2,70	fff
2,66	f	2,65	f	2,64	f
2,61	ff	2,60	f	2,60	f
2,46	F	2,46	> m	2,46	F
2,40	F	2,39	F	2,39	F
2,34	f	2,34	ff	2,34	ff
2,12	ff	2,14	ff	—	
—		2,07	f	—	
1,97	ff	1,96	f	—	
—		—		1,96	f
1,88	f	1,88	m <	1,88	f
—		1,74	ff	—	
1,68	ff	1,68	ff	1,68	ff
1,65	f	1,65	f	1,64	f
1,62	f	1,62	> m	1,62	> m
1,60	m	1,60	> m	1,60	> m
1,57	> m	—		1,57	> m

La comparaison entre ces spectres permet de rattacher la leucochalcite à l'olivénite et donc de supprimer cette espèce.

ANGLÉSITE
So_4Pb.

Assez fréquente, non signalée dans le gisement.

Faciès : ***orthorhombique***.

Se trouve sous forme de croûtes cristallines pouvant atteindre 2 mm. d'épaisseur avec de nombreuses faces indéterminables.

Propriétés physiques.

— *Clivage* nul, cassure conchoïdale.

— *Coloration :* blanc à incolore — rarement rougeâtre, éclat gras.

Densité : prise sur 63 mgs = 6,22.

— *Indices de réfraction :* $n_p = 1{,}87$, $n_m = 1{,}88$, $n_g = 1{,}89$.

Propriétés chimiques.

Analyse quantitative qui montre la présence de $PbO\text{-}SO_3$- traces d'As_2O_5 et Fe_2O_3.

Gisements et associations.

Se trouve au point F, c'est le plus récent des minéraux plombifères du gisement ; il est accompagné des minéraux suivants qui lui sont antérieurs : beudantite, carminite, mansfieldite, mimétite, pharmacosidérite.

AZURITE

$2CO_3Cu, Cu(OH)_2$.

Signalée par Doublier et Panescorde au flanc de la Colle-Noire. Ce fut, avec la malachite, le premier indice de ce gîte cuprifère. Elle a formé ensuite une des principales sources du métal retiré du gisement.

Faciès : *monoclinique*.

Je distinguerai trois types macrocristallins d'azurite :

a) très fréquemment, cristaux aplatis sur p (001), le rapport « épaisseur-longueur » étant de 1/100 environ ; ils présentent les faces p et h^1 (100), la face p est striée. Les cristaux sont généralement groupés en rosettes qui peuvent atteindre 3 cm. de diamètre, parfois, ils forment des masses nodulaires aux faces peu distinctes.

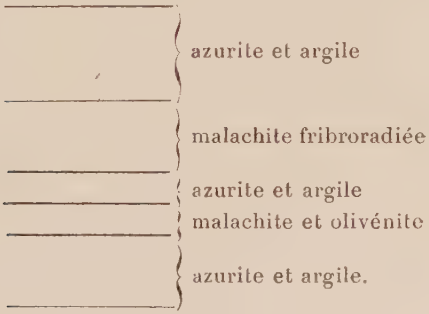
b) plus rarement cristaux allongés suivant l'axe *b*, certains atteignent 1,5 cm. de longueur, mais sont très imparfaits et présentent de nombreuses figures d'accroissement ; les faces *p*, h^1 et *m* (110) ont pu être mises en évidence.

c) exceptionnellement, des cristaux isodiamétraux petits, de 1 à 1/2 mm. avec les faces *p* et *m* réfléchissantes.

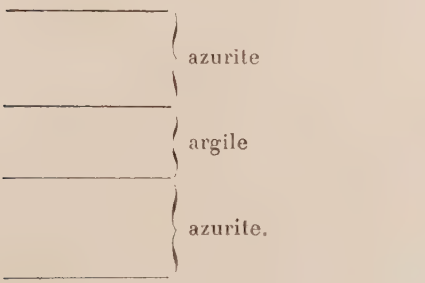
Sous formes microcristalline, l'azurite se trouve dans des zones d'argile micacée, en couches dont l'épaisseur varie de quelques mm. à 15 cm., avec une teneur moyenne de 10 % de cuivre métal. Ces lits argileux forment un excellent minerai.

L'on trouve enfin dans ces bandes argileuses, des agrégats radiés d'azurite que leur dimension place entre les termes macro- et microcristallin.

Couche à structure microcristalline.



Couche à structure radiée.



Propriétés physiques.

— *Clivage* parfait mais interrompu suivant $e^{1\,2}$ (021), cassure conchoïdale — fragile.

— *Dureté :* 3,5.

— *Coloration :* bleu de Prusse, bleu Russe (496, 566).

— Poussière bleu pâle, bleu nigelle (485, 484).

— Éclat adamantin à terne dans les variétés terreuses.

— *Indices de réfraction :* pris sur des cristaux du type II

$$n_g = 1{,}73 \qquad n_p = 1{,}84.$$

Densité : 3,81 pour les variétés cristallines,
3,76 pour les microcristallines.

Propriétés chimiques.

Analyse quantitative : CO_2, CuO, H_2O.

Pseudomorphoses.

Seuls les cristaux du type I sont fréquemment transformés en malachite et beaucoup plus rarement en brochantite.

Gisements et associations.

Se trouve abondamment dans toute la mine ainsi que dans les recherches effectuées sur l'étendue de la concession. Les meilleurs cristaux des types II et III se trouvent au point A (fig. 2, pl. XII) sur le flanc de la colline de la Gavaresse où a eu lieu la principale recherche avec début d'exploitation.

Les couches d'argile cuprifère sont surtout situées dans la zone ouest de la mine, de part et d'autre de la grande faille. L'azurite est associée à de nombreux minéraux.

Elle est postérieure à la barytine, beudantite, adamite cuprifère, conichalcite, mansfieldite et variété, mimétite, duftite, olivénite, pharmacosidérite, tyrolite et zeunérite, et antérieure à brochantite, calcite, malachite.

BARYTINE
SO_4Ba.

Cette espèce signalée par Lacroix (14) comme un élément accidentel est, en réalité, abondante dans la mine.

On la rencontre parfois englobée dans des galets de quartz ou en masses formées de grandes lames, de couleur variable, résultant de la destruction et du remaniement de dépôt primaire; sa densité est de 4,38.

Mais le plus souvent nous avons affaire à la *barytine d'origine secondaire*, cristallisée en lames de 10 sur 1 mm. avec les faces p (001), m (110), h^1 (100), h^3 (210). Lorsqu'elle présente ce faciès, la barytine est rarement associée à d'autres minéraux; par contre, des formes primitives p et m également répandues sont accompagnées par un grand nombre d'espèces.

Cette barytine secondaire, incolore à brunâtre, a une densité de 4,44. Elle contient souvent des traces de fer.

Gisements et associations.

On trouve la barytine secondaire répandue dans toute la mine et sur les recherches de la Gavaresse. Elle coexiste sans que l'on puisse donner un ordre rigoureux d'apparition avec la beudantite, mimétite et pharmacosidérite. Elle est antérieure à la mimétite de seconde génération, l'azurite, arséniate hydraté de plomb et cuivre, calcite, cérusite, variété cuprifère de mimétite, chalcophyllite, adamite cuprifère, duftite, gypse, lettsomite, mansfieldite et variété, scorodite aluminifère, mottramite, olivénite, pharmacosidérite, malachite et tyrolite.

BEUDANTITE
$SO_4\ AsO_4(OH)6\ Fe_3Pb$.

Ce minéral n'était pas signalé dans le gisement bien qu'il y soit relativement répandu. M. Chervet en ramena les premiers échantillons en 1947 et je devais le retrouver en place l'année suivante. Malheureusement, les cristaux sont toujours

de petite taille, associés à de nombreux autres minéraux, ce qui rend leur étude très délicate.

Faciès : *rhomboédrique.*

On peut distinguer 3 types dans le gîte :

1) *rhomboèdres pseudocubiques* pouvant atteindre 0,7 mm. d'arête, présentant les faces $a^1(00\bar{0}1)$. Ce faciès est relativement rare au Cap Garonne ;

2) *rhomboèdres aigus* dont certains mesurent 1/3 de mm. avec prédominance de la face e^1 $(0\bar{2}1)$ et comportant parfois la face a^1 $(00\bar{0}1)$. C'est la forme la plus commune ;

3) *croûtes mamelonnées* sur lesquelles on découvre, à un fort grossissement, une multitude de petits pointements ; elles sont en effet constituées de fins cristaux d'une longueur maximum de 3 mm. Très fréquentes dans le gisement, ces croûtes forment des paramorphoses sur les cristaux de barytine, mimétite et pharmacosidérite.

Propriétés physiques.

— *Clivage* facile suivant a^1.

— *Dureté :* 4 pour les cristaux du type I.

— *Coloration et éclat :* la grande variété de couleur rend difficile la reconnaissance du minéral sur le terrain.

Les cristaux du type I varient entre le rouge carmin foncé et le brun, jusqu'au noir (81, 86, 82, 72, 708, 681, 677).

Ceux du type II, entre le jaune brun et le brun foncé avec souvent des teintes verdâtres (174, 134, 162, 146, 102, 216, 221, 224, 697, 702, 296, 297), et ceux du type III, entre le vert et le bleu lavande (276, 590, 589, 302, 358, 356).

Opaques à translucides, état résineux, la poussière présente les mêmes variétés de teinte dans un registe inférieur.

Propriétés optiques.

Cette espèce présente des anomalies optiques très fortes, l'indice de réfraction est : $n = 1{,}97$.

— Fortement pléochroïque.

— *Densité :* cristaux du type II. Prise de 223 mgs = 4,3.

Propriétés chimiques.

Analyse qualitative : cristaux des types I et II : PbO-Fe_2O_3-As_2O_5-H_2O- traces de P_2O_5.

Le minéral est soluble dans HCl chaud.

Analyse quantitative : un seul échantillon formé de cristaux du type II fournit un matériel d'une pureté suffisante pour l'analyse. Prise de 232 mgs dont 150 mgs servirent pour l'analyse Fe-As-Pb et le reste pour celle de SO_3, l'eau étant dosée par différence.

J'ai employé la méthode décrite par Hartley (15) avec seulement quelques modifications de détail.

Dissoudre la première partie dans HCl au BM., ajouter ensuite SO_4H_2, porter à fumées blanches, peser le PbO en SO_4Pb, précipiter ensuite l'arsenic en As_2S_3, puis le fer par l'ammoniaque. Après dissolution de la seconde partie en HCl, transformer les chlorures en nitrates en effectuant des évaporations répétées avec NO_3H, ajouter $(NO_3)2\,Pb$ en quantité suffisante, aller presque à sec, étendre avec eau et alcool, filtrer et peser en sulfate de plomb.

Résultats.

I° Analyse beudantite Cap Garonne.

II° Analyse de la beudantite du Laurium par Pisani.

	I	II
PbO	25,8	30,65
Fe_2O_3	40,3	33,09
As_2O_5	14,5	13,36
SO_3	6,9	12,30
Al_2O_3	—	2,63
H_2O	(12,5)	7,95
	100,0	99,97

La faible quantité de SO_3 trouvée me fit recommencer une analyse qui, sur 71 mgs de prise, me donna 6,3 %.

Rayons X.

Comparaison des spectres de poudre des échantillons suivants :

1° Beudantite cristallisée, type I, Cap Garonne.
2° Beudantite cristallisée, Horhausen Nassau.
3° Beudantite cristallisée, Vaulry (Haute-Vienne),
4° Beudantite aciculaire rouge, Cap Garonne.

Tableau 3

DÉPOUILLEMENT DES DIAGRAMMES DE POUDRE.
(Rayonnement filtré Cu Kα.)

1°		2°		3°		4°	
d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I
—	—	—	—	—	—	—	—
5,89	F	5,89	F	5,89	F	5,89	F
3,63	m	3,63	m	3,63	> m	3,63	m <
3,52	ff	3,46	ff	3,46	ff	3,31	ff
3,06	FF	3,05	FF	3,04	FF	3,04	FF
2,96	ff	2,95	m	2,95	m	2,97	m
—		2,79	m	2,79	m	2,93	f
—		—		—		2,80	f
—		—		—		2,73	f
2,67	ff	—		—		—	
2,53	m <	2,52	m <	2,51	m	2,51	f
—		2,35	ff	2,35	m <	—	
2,26	m	2,29	ff	2,28	m ⩽	2,26	f
—		2,25	F	2,23	> m	2,21	ff
1,97	m	1,96	m	1,95	m	1,97	ff
—		—		—		1,95	ff
—		—		—		1,92	ff
—		—		—		1,88	ff
1,82	m	1,82	⩾ m	1,81	m	1,81	ff
		1,74	m ⩽	1,74	m		
		1,68	ff	1,68	m		
		1,66	m <	1,66	m		

Gisements et associations.

Aux points A et F, on trouve sur le poudingue à ciment de cérusite le type I de beudantite, accompagné d'autres

minéraux plombifères, tels que l'anglésite, la carminite, la cérusite ; par contre, les types II et III peuvent aussi se rencontrer sur le poudingue cuprifère.

L'ordre d'apparition des divers minéraux secondaires sur ces échantillons est difficile à déterminer, car on peut trouver 14 minéraux différents sur un même spécimen ; de plus le type II de la beudantite ressemble souvent à la duftite ou à l'adamite cuprifère.

La beudantite semble contemporaine à la mimétite, barytine, pharmacosidérite, mansfieldite et antérieure à l'azurite, anglésite, arséniate de cuivre et de plomb hydraté, carminite, chalcophyllite, cérusite, adamite cuprifère, conichalcite, gypse, lampadite et tyrolite.

C'est le second gisement de cette espèce en France.

Conclusion.

Les spectres de rayons X sont presque identiques. Les fortes différences de composition chimique peuvent s'expliquer par l'analyse d'une prise d'essai impure.

BROCHANTITE

$SO_4Cu, 3\,Cu\,(OH)_2$.

Signalé par Pisani (16) puis par Lacroix (17) au Cap Garonne, ce minéral y est très rare. Je n'ai pu le rencontrer que sur les haldes.

Faciès : *orthorhombique.*

Il forme des croûtes cristallines avec pointements nets, rarement propres à des mesures. Lacroix a déterminé les faces m (110) g^1 (010) a^1 (201). Ces cristaux atteignent au plus 2 mm.

Il se trouve aussi en groupements étoilés résultant de la pseudomorphose de l'azurite dont on retrouve des résidus au

centre des rosettes. Sous cette forme il est impossible de le distinguer de la malachite sans un essai qualitatif.

Propriétés physiques.

— *Clivage* parfait suivant g^1.
— *Dureté :* 4, peu fragile.
— *Coloration et éclat :* vert malachite (391, 405, 411).
— Poussière : vert émeraude (410).
— Translucide à transparent, éclat adamantin ou brillant.

Propriétés optiques.

— Indice de réfraction : $n_p = 1{,}730$ $n_m = 1{,}771$ $n_g = 1{,}80$.
Densité : 3,90 sur 71 mgs du produit.

Propriétés chimiques.

Analyse qualitative :

CuO, SO_3, H_2O, As_2O_5, CaO.

Analyse quantitative : sur 70 mgs du produit pseudomorphose de l'azurite.

Dosage du cuivre et du sulfate :

I° Analyse personnelle.
II° Formule théorique.

	I	II
CuO.....	68,9	70,49
SO_3.....	17,8	17,62
(H_2O).....	(13,3)	11,89
	100,0	100,00

Gisements et associations.

Fut trouvée au moment de la pleine activité de la mine ; actuellement très rare sur les haldes.

Minéral récent, postérieur à l'azurite, malachite, olivénite et antérieur à la lettsomite.

CHALCANTITE

$SO_4Cu, 7H_2O$.

Non signalée dans le gîte; minéral de formation récente. Il se trouve en petites croûtes cristallines, avec parfois quelques faces bien formées mais trop petites pour donner lieu à des mesures convenables. Ces croûtes peuvent être hérissées de petites stalactites qui ne dépassent guère 2 cm. de longueur et sont particulièrement fragiles.

Généralement la surface de ces formations se déshydrate et prend une coloration verdâtre.

Propriétés physiques.

— Cassure friable, très fragile.

— *Dureté :* 2,5, couleur bleu d'azur à bleu de Prusse (425, 458, 468). Poussière incolore, transparent à translucide, souvent opacifié par déshydratation.

— *Indices de réfraction :* $n_m = 1{,}536$.

Densité : 2,14.

Propriétés chimiques.

Analyse qualitative :

SO_3, CuO, H_2O, traces de CaO, Al_2O_3.

Analyse quantitative : Après dissolution, doser le cuivre par électrolyse, le SO_3 en sulfate de baryum et l'eau par la méthode de Penfield.

I° Minéral de la Garonne.

II° Formule type.

	I	II
CuO.....	32,1	31,8
SO_3.....	32,3	32,1
CaO.....	0,4	—
Al_2O_3.....	traces	—
H_2O.....	35,6	36,1
	100,4	100,0

Gisements et associations.

Minéral de formation récente, se trouve uniquement au point D sur quelques piliers riches en minéraux sulfurés.

CALCITE
CO_3Ca.

Non signalée dans la zone minéralisée où on la trouve cependant avec malachite et azurite au point F, en cristaux de formation récente. Les deux seuls échantillons récoltés la montrent en croûtes à la surface des carbonates de cuivre, avec de nombreuses faces cristallines indéterminables, elle est translucide et ne contient pas de Mg.

Par contre, elle est très fréquente dans le grès permien sous-jacent, en cristaux atteignant 1 cm. et en croûtes cristallines. J'ai pu noter les faces b^1 (110) et e^2 (112); elle est blanchâtre, opaque, avec une poussière incolore. Sa densité est de : 2,73.

CARMINITE
PbO, Fe_2O_3, As_2O_5, H_2O.

Minéral nouveau dans le gisement. C'est M. Chervet qui découvrit, en 1947, sur des haldes récentes un minéral rouge carminé, accompagné d'autres espèces plombifères. En raison de sa couleur et de ses propriétés chimiques nous avons pensé à la carminite, minéral plombifère très rare. Ce diagnostic a été confirmé par une étude détaillée.

L'espèce fut d'abord décrite à la mine Luise, Horhausen, Nassau. Comme elle était très peu répandue dans le gîte, elle donna lieu à une description incomplète et une analyse quantitative amena à la formule : $Pb_3\ As_2O_8\ AsO_4Fe$ (20).

La carminite fut ensuite reconnue et imparfaitement décrite en Cornouailles et à Mont Magnet en Tasmanie (21).

Heureusement, elle fut découverte en assez grande quantité sous forme d'agrégats cristallins à la mine Ojuala,

Mapimi, Durango (Mexique) et elle put être étudiée en 1936 par Foshag (22) dans de bonnes conditions. Cet auteur montra, par ailleurs, que le minéral appelé olivénite rouge de Tintic Utah était aussi de la carminite. A la suite de ces travaux, la carminite est une espèce bien définie.

Elle est relativement assez commune à la Garonne où je l'ai recueillie en place en 1948, mais en très petits cristaux associés à un grand nombre d'autres minéraux.

Faciès : *orthorhombique.*

Cristaux ne dépassant pas 1/2 mm. de longueur et avec une épaisseur variant entre 1/30° et 5/30° de mm. Les plus développés sont polysynthétiques. Semblables à ceux de l'olivénite du type I ; les faces du dôme font entre elles un angle de 126°.

Généralement, ils se groupent en croûtes mamillaires ou en nodules finement radiés avec une surface veloutée, plus rarement en couches cryptocristallines pouvant atteindre 1 mm. d'épaisseur.

Propriétés physiques.

— *Clivage parfait*, cristaux peu fragiles.

— *Dureté :* entre 3 et 4.

— *Coloration et éclat :* pourpre, sang de bœuf, laque brune, (52, 61, 127, 141). Poussière orangée à jaune (173, 174).

— Fortement pléochroïque, rouge brun suivant l'allongement, brun rouge clair perpendiculairement, vert brun suivant n_m. Biaxe + avec Λ 2 V moyen.

Biréfringence faible.

— *Indices de réfraction :*

Minéral de la Garonne : $n_p = 2{,}05$ $n_m = 2{,}05$ $n_g = 2{,}07$.
Carminite de Mapimi : $n_p = 2{,}07$ $n_m = 2{,}07$ $n_g = 2{,}08$.
Densité : prise sur 41 mgs : 4,32.

Propriétés chimiques.

Analyse qualitative :

As_2O_5, PbO, Fe_2O_3, H_2O, traces de FeO et CaO.

Le minéral se dissout lentement à froid dans HCl, plus facilement à chaud. Il est signalé par Sandberger comme soluble dans NO_3H. Or, les spécimens de la Garonne, de Tintic, de Mapimi et de Horhausen sont insolubles dans l'acide nitrique bouillant.

Donne de l'eau et noircit au tube fermé.

Analyse quantitative : n'a pu être faite complètement, le minéral étant le plus souvent intimement mélangé avec la beudantite, seul le dosage de PbO fut fait sur 83 mgs de produit trié. On trouve 36,3 % de PbO, ce qui correspond bien avec le résultat de l'analyse donnée par Foshag.

I° Analyse carminite de Mapimi (22).

II° Composition théorique pour PbO Fe_2O_3 As_2O_3 H_2O.

	I	II
PbO	37,30	35,38
CaO	0,44	—
MgO	0,06	—
FeO	0,21	—
Fe_2O_3	23,41	25,33
Al_2O_3	0,96	—
As_2O_5	33,98	36,44
H_2O+	2,9	2,85
H_2O-	0,10	—
ins	0,58	—
	99,94	100,00

Rayons X.

Comparaison entre les spectres de poudre de la carminite du Cap Garonne, de Mapimi et de Tintic : identité des spécimens.

Tableau 4

DÉPOUILLEMENT DES DIAGRAMMES DE POUDRE.
(Rayonnement filtré Cu Kα.)

CARMINITE MAPIMI		CARMINITE CAP GARONNE		CARMINITE TINTIC	
d (Å)	I	*d* (Å)	I	*d* (Å)	I
6,01	m	6,01	m	6,01	m
4,60	>m	4,59	>m	4,57	>m
4,47	f	4,52	ff	—	
4,16	m	4,18	m	4,18	m
3,51	F	3,52	F	3,51	>m
3,32	ff	3,31	ff	—	
3,23	FF	3,24	FF	3,23	FF
3,06	m	3,07	m	3,06	m
3,03	m	3,04	m	3,04	m
2,94	F	2,96	F	2,95	F
2,81	m	2,81	m	2,81	mm<
2,72	>m	2,73	>m	2,73	m<
2,54	FF	2,55	FF	2,55	FF
—		2,46	f	—	
2,44	>m	2,45	f	2,44	f
—		2,32	ff	—	
—		2,31	ff	2,30	ff
2,29	m	—		2,29	ff
2,15	f	—		2,16	ff
2,07	f	—a		2,07	ff
1,99	f	—		1,99	ff
1,90	m	1,91	m	1,91	m
1,80	F	1,81	>m	1,80	m
1,71	>m	1,73		1,72	m<
1,68	m	1,68		1,69	ff
—		—		1,67	f
1,64	m	—		—	
1,61	m	1,61	f	1,61	f
1,54	m<				
1,51	m				

Gisements et associations.

Observée en place au point F, sur les parois des fissures du poudingue à cérusite, elle existe aussi au point G mais elle est plus rare. Les beaux échantillons montrent des croûtes cristallines qui sont associées à la beudantite et recouvertes d'une fine

couche d'anglésite ; parfois, de petites géodes dans la beudantite massive renferment des cristaux de magnifique couleur.

Elle est accompagnée d'un grand nombre de minéraux ; postérieure à la beudantite, cérusite, pharmacosidérite et mansfieldite ; antérieure à l'anglésite, l'arséniate hydraté de plomb et de cuivre, malachite, mimétite, lampadite.

C'est le seul gisement français de carminite.

CHALCOPHYLLITE

$Cu_{18}\ Al_2\ (SO_4)_3\ (AsO_4)_4\ (OH)_{27},\ 36\ H_2O.$

Des spécimens remarquables de ce rare minéral furent trouvés assez abondamment dans cette mine vers le début de l'exploitation. Il est maintenant très difficile d'en rencontrer dans le gisement. Je l'ai étudié sur des échantillons qui m'ont été obligeamment communiqués par le Muséum d'Histoire Naturelle et l'École des Mines.

Faciès : *rhomboédrique.*

Trois types peuvent être distingués dans le gisement :

I° Lames hexagonales aplaties, souvent associées à axes parallèles, et imbriquées les unes dans les autres. Ces groupes atteignent 1 cm. de largeur, les faces cristallines sont peu réfléchissantes. Lacroix cite les faces a^1 et p (18) ;

II° Cristaux isolés de 3 mm. au plus. Les faces sont p et a^1. Cette face comporte trois systèmes de stries dessinant des triangles ;

III° Plus rarement, en croûtes cristallines, sans formes définies ; sous cet aspect, le minéral rappelle la tyrolite ce qui rend son diagnostic immédiat difficile.

Propriétés physiques.

— *Clivage* parfait suivant a^1, très facile à produire, véritable clivage micacé.

— *Dureté :* très tendre — 2 environ.

— *Coloration et éclat :* vert lumière à vert de gris (417

419, 437, 441). Transparent, en lames minces, translucide. Poussière : vert de Prusse (425).

— Éclat fortement nacré sur la face a^1, vitreux sur la face p

Propriétés optiques.

Uniaxe négatif. Faible pléochroïsme.

Indices de réfraction : $n_e = 1{,}621$ $n_o = 1{,}558$.

Densité : sur chalcophyllite type I, vert foncé, produit analyse. Prise 60 mgs = 2,73.

Sur chalcophyllite type I, vert pâle. Prise 52 mgs $d = 2{,}75$.

Propriétés chimiques.

Analyse qualitative sur type I :

SiO_2 (quartz), CuO, Al_2O_3, As_2O_5, SO_3, H_2O, traces de CaO.

Facilement soluble dans NO_3H.

Analyse quantitative : faite sur 180 mgs de matière, du type I, le SO_3 est dosé sur une prise séparée de 72 mgs

Suivre la même méthode que pour la lettsomite.

I° Analyse chalcophyllite de la Garonne.

II° Analyse chalcophyllite du Cornwall.

Mon analyse conduit à la formule $(SO_4)_3Al_2$, 2 $(AsO_4)_2$, Cu_3, 16 Cu $(OH)_2$, 26 H_2O, alors que Shannon propose : $(SO_4)_3Al_2$, $Cu_{18}(AsO_4)_4$, $(OH)_{27}$, 36, H_2O (19).

Mais il est possible que la matière qui m'a servi pour l'analyse soit déshydratée, ce qui arrive fréquemment pour les spécimens de cette espèce.

	I	II
SO_3	6,2	6,67
CuO	52,1	46,54
AS_2O_5	15,6	13,23
CaO	traces	—
Fe_2O_3	0,3	—
Al_2O_3	2,7	3,49
P_2O_5	—	0,67
H_2O	(22,7)	14,04 à moins de 110°
		14,40 à plus de 110°
SiO_2	0,2	1,33
	100,0	100,37

Gisements et associations.

Je n'ai trouvé le minéral en place qu'au point F. En ce qui concerne les anciens spécimens, l'aspect de la gangue fait supposer qu'ils proviennent du point D.

Le minéral se trouve dans les fissures du poudingue cuprifère. Il recouvre la barytine, beudantite, lettsomite et mimétite blanche. Il est antérieur à la tyrolite.

C'est le seul gisement français de cette espèce.

CÉRUSITE
CO_3Pb.

Non signalée dans le gisement où elle est assez répandue.

Faciès : *Orthorhombique.*

Taille variant entre 1 mm. et 2 cm. Je distinguerai deux types cristallins :

I° Cristaux limpides isodiamétraux, petits : 2 à 3 mm. avec les faces p (001), b^2 (114), $b^{1/2}$ (111), g^1 (010). Ce type est rare dans le gisement.

II° Cristaux allongés suivant p et g^1, aplatis suivant g^1. Ces cristaux communs dans le gîte sont de grande taille, mais peu réfléchissants. Fréquemment maclés, suivant m, ils présentent les faces :

m (110), g^1 (010), g^2 (310), $e^{1/2}$ (021).

La cérusite peut aussi se présenter sous forme de croûtes cristallines sans faces déterminables et même servir de ciment au poudingue.

Propriétés physiques.

— *Clivage* net (110), cristaux fragiles.

— *Dureté :* 3.

— *Coloration et éclat* : incolore, blanche, parfois légèrement teintée par de l'argile rouge, les cristaux du type I sont parfaitement limpides, ceux du type II varient de translucides à opaques.

— *Indices de réfraction :*

$$n_p = 1{,}80 \quad n_m = 2{,}07 \quad n_g = 2{,}08.$$

Densité : 6,52 pour les cristaux du type I.

Propriétés chimiques.

Analyse qualitative : les cristaux limpides ne contiennent que CO_2 et PbO, parfois des traces de CaO, dans les cristaux colorés.

Gisements et associations.

Je l'ai trouvée aux points A et F. Le point A fournissant les plus beaux cristaux.

Au point F, la cérusite recouvre avec d'autres minéraux de plomb le poudingue à petit grain. Intrigué par la densité apparente très élevée de cette roche, j'ai effectué une étude rapide qui m'a montré qu'elle était cimentée par de la cérusite. On retrouve ce même poudingue à cérusite au point A. La teneur en CO_3Pb de cette roche varie entre 13 et 35 % pour A et 22 et 47 % pour F.

Le banc de poudingue à cérusite qui a été partiellement enlevé pour laisser la place d'un hangar, devait avoir une puissance de 0,6 à 1 mètre, une longueur de 10 mètres et une largeur de 3 mètres. Il en reste encore une partie importante. Ces poudingues à ciment de cérusite peuvent être rapprochés des grès à cérusite du Commern (Eiffel). Ils n'ont jamais été signalés en France.

La cérusite est postérieure à la barytine, beudantite, duftite, malachite et mimétite et antérieure à la carminite, dundasite, lampadite.

DUFTITE

$AsO_4Pb, (CuZn), (OH)_2$.

Espèce non signalée au Cap Garonne qui est le second gisement connu de duftite. Ce minéral, très rare, fut décrit pour la première fois par Pufahl en 1920 (23), sur des échantillons venant de Tsumeb-Otavi, Sud-Ouest africain.

Les échantillons de mimétite que j'avais recueillis en place au point A étaient souvent recouverts d'un enduit vert, finement cristallisé ; une analyse rapide m'ayant montré la présence du cuivre, du plomb et de l'arsenic, j'ai pensé à la duftite, le seul arséniate de cuivre et de plomb cristallisé. L'étude que j'en ai faite a confirmé cette hypothèse.

Faciès : *orthorhombique*.

Type I : généralement le minéral se trouve en paramorphose de la mimétite.

Type II : plus rarement, en cristaux isolés sur mimétite très altérée.

Type III : exceptionnellement sur le poudingue à proximité de minéraux de plomb.

Les cristaux sont toujours de petite taille. Ceux du type I atteignent 1/2 mm. de longueur, faces courbes et mates, formes octaédriques très aplaties ; les cristaux des types II et III atteignent au plus 3/10 de mm., les faces sont peu réfléchissantes, sauf pour les très petits individus. Leur aspect est semblable à la cuproadamite ; souvent, ils forment des croûtes atteignant 1 mm. d'épaisseur. La couleur, très variable, rend difficile la reconnaissance sur le terrain.

Propriétés physiques.

— Cassure avec éclat plombeux, conchoïdale, pas de clivage.

— *Dureté :* 4,5.

— *Coloration et éclat :* type I, jaune à vert olive (294, 305, 326, 327). Pour les deux autres types, la couleur varie du vert olive clair au vert noir (306).

— Poussière du vert blanc clair au vert jaune.

Les cristaux du type I ne sont translucides qu'en très fines esquilles, les quelques propriétés optiques déterminées le furent sur les cristaux du type II qui ont une couleur vert foncé, rendant difficiles les déterminations.

— Éclat terne pour les types I et brillant pour les types II et III.

Propriétés optiques.

— Biaxe négatif, pléochroïsme vert à vert noir.

L'angle 2 V est large.

— Indices de réfraction : $n_p = 2{,}04$ $n_m = 2{,}08$ $n_g = 2{,}10$.

Les indices de la duftite du Tsumeb sont de :

$$n_p = 2{,}03 \quad n_m = 2{,}06 \quad n_g = 2{,}08.$$

Densité : type I, prise 45 mgs = 6,22 (mélangé avec mimétite comme le montre le spectre de poudre).

Type III, prise de 48 mgs = 6,12.

Propriétés chimiques.

Analyse qualitative :

Type II : PbO, As_2O_5, CuO, ZnO, Fe_2O_3, CaO, H_2O, traces de Cl.

Les cristaux fondent facilement au chalumeau et donnent de l'eau dans le tube fermé.

Analyse quantitative : sur des échantillons du type III ne risquant pas d'être contaminés par la mimétite.

Analyse effectuée sur 378 mgs. Dosage séparé de l'eau sur 108 mgs. La méthode d'analyse est la même que pour la mimétite si l'on excepte le passage à l'hydrogène sulfuré que j'ai effectué comme pour l'olivénite.

	Résultats	Résultats calculés après déduction des impuretés.
PbO	50,5	51,95
CuO	16,4	16,87
ZnO	0,6	0,63
H_2O+	4,3	4,47
H_2O-	0,9	
As_2O_3	25,4	26,08
Fe_2O_3	0,8	
Al_2O_3	0,1	
CaO	0,1	
	99,1	100,00

	Rapport moléculaire	Rapport atomique	
PbO.....	0,233		0,233
CuO.....	0,212		0,219
ZnO.....	0,007		
As_2O_5	0,113		0,226
H_2O.....	0,247	H.....	0,494
		O.....	1,390

d'où la formule : $AsO_4Pb\,(CuZn)\,(OH)_2$.

D'après les travaux de W. E. Richmond (24), la duftite fait partie de la série de l'olivénite et devrait donc avoir la formule : $AsO_4PbCu\,(OH)$. Je n'ai pu effectuer une analyse du produit du Tsumeb, ne disposant pas d'une quantité suffisante.

Rayons X.

Comparaison entre les spectres de poudre de la duftite du Cap Garonne, type III, avec la duftite du Tsumeb : identité des spécimens.

Tableau 5

DÉPOUILLEMENT DES DIAGRAMMES DE POUDRE.
(Rayonnement filtré Cu Kα.)

DUFTITE CAP GARONNE		DUFTITE TSUMED		DUFTITE CAP GARONNE		DUFTITE TSUMEB	
d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I
5,02	m	5,02	m	—		2,25	ff
4,62	m <	4,61	f	—		2,21	ff
4,22	> m	4,22	> m	2,11	f	2,11	f
3,96	ff	3,93	f	2,07	f	2,05	m <
3,60	ff	3,57	f	1,94	ff	1,94	ff
3,26	FF	3,26	FF	1,88	m <	1,88	m
3,00	> m	3,00	> m	1,79	f	1,79	f
2,85	F	2,85	F	—		1,78	ff
2,67	F	2,67	F	1,72	ff	1,72	ff
2,58	> m	2,57	> m	1,65	m	1,65	> m
2,51	f	2,52	f	1,63	f	1,63	m
2,39	ff	2,38	ff	1,54	m <	1,54	m <
2,30	m	2,29	m	1,50	f	1,50	m <

Gisements et associations.

Le type I se trouve en assez grande quantité au point A, à la surface des cristaux de mimétite, un échantillon du type III fut trouvé au point F, et les autres sur les haldes Nord-Ouest de la mine. La gangue est très variable.

Associée à de nombreux minéraux, la duftite est postérieure à la barytine, arséniate de plomb et cuivre ; beudantite, lampadite, mimétite et antérieure à la cérusite, adamite cuprifère, azurite, malachite.

Les échantillons d'adamite cuprifère vert foncé qui se trouvent dans les collections, peuvent être, en réalité, de la duftite, facilement confondue avec cette espèce.

DUNDASITE

$Pb\ (AlO)_2\ (CO_3)_2, 4\ H_2O$.

Ce minéral plombifère très rare n'avait pas été signalé dans le gisement. Il n'est connu qu'en Tasmanie et en Grande-Bretagne. Je l'ai trouvé dans une petite géode mesurant 1 cm. sur 0,5 cm., il est formé de petites masses radiées résultant de l'accolement lâche de fibres très allongées qui atteignent 1 mm. de longueur et quelques centièmes de mm. d'épaisseur.

Propriétés physiques.

— Flexibles.

— Couleur blanc de neige, poussière incolore, translucide, en fibres isolées.

— Extinction droite, allongement positif, très faible pléochroïsme.

— *Indice de réfraction :*

$n_g = 1{,}743$ $n_p = 1{,}644$ minéral de la Garonne.

$n_g = 1{,}742$ $n_p = 1{,}644$ dundasite de Dundas-Tasmanie.

Densité : prise par la méthode d'immersion dans l'iodure de méthylène : 3,31.

Propriétés chimiques.

Analyse qualitative :

PbO, Al_2O_3, CO_2, H_2O, traces de SiO_2,

difficilement soluble à froid. Facilement à chaud, avec un très faible dégagement gazeux.

Dans le tube fermé, donne de l'eau avec une réaction acide.

Peu fusible, les fibres se tordent sous l'action de la chaleur. Je n'ai pu effectuer d'analyse quantitative disposant de trop peu de matière.

Rayons X.

Comparaison entre les spectres de poudre de la dundasite du Cap Garonne et de Tasmanie qui montre l'identité des échantillons.

Tableau 6

DÉPOUILLEMENT DES DIAGRAMMES DE POUDRE.
(Rayonnement filtré Cu Kα.)

DUNDASITE DU CAP GARONNE		DUNDASITE DU CAP GARONNE		DUNDASITE DE TASMANIE		DUNDASITE DE TASMANIE	
d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I
7,79	FF	7,79	FF	2,63	>m	2,63	>m
6,00	ff	—		2,37	ff		
4,57	>m	4,57	>m	2,27	ff		
3,56	F	3,57	F	2,07	ff		
3,21	f	3,26	ff	2,03	ff		
3,04	f	3,20	f	1,75	f		
3,00	f	3,06	f	1,73	f		
2,94	f	—		1,69	f		
2,78	ff	—					

Gisements et associations.

Le minéral fut trouvé en place au point A dans la zone à cérusite représentée sur la fig. 1, pl. IX. Il est postérieur à la cérusite.

GYPSE

$So_4Ca\ 2H_2O$.

Ce minéral de formation très récente n'avait pas été signalé dans le gisement.

Faciès : *monoclinique.*

Deux types de cristaux :

1° Cristaux isodiamétraux atteignant 0,8 mm., brillants, transparents, avec des faces *m* (110), g^1(010), a^3 (211), $a^{3/2}$ (203).

2° Cristaux allongés de 0,3 mm. au plus, très brillants, riches en faces non mesurables.

Se trouve généralement en croûtes constituées de cristaux lenticulaires entrecroisés.

Propriétés physiques.

— *Clivage* facile, cassure inégale.

— *Coloration et éclat :* incolore à gris verdâtre (430), gris violacé (520). Poussière incolore.

Densité : sur 80 mgs de produit du type I = 2,321.

Propriétés chimiques.

Analyse qualitative :

SO_3 CaO H_2O.

Analyse quantitative : effectuée sur 540 mgs de produit.

I° Analyse du minéral du Cap Garonne.

II° Analyse type.

	I°	II°
CaO	32,2	32,5
SO_2	46,3	46,6
H_2O	20,7	20,9
	99,2	100,0

Gisements et associations.

Automorphe. Le plus souvent il forme dans les galeries des masses stalactiformes, il est contemporain de la chalcantite avec laquelle il se trouve parfois associé.

HIGGINSITE

(*Variété conichalcite*)

$4\,(CuCa\,(AsO_4)\,OH)$.

Non signalée dans le gîte. Lacroix cite dans la *Minéralogie de la France* un minéral accompagnant, en petits mamelons vert brillant, la chalcophyllite, la lettsomite et la malachite. Il l'appelle lunnite.

J'ai retrouvé d'assez nombreux échantillons identiques à la « lunnite » conservée au Muséum. Ayant constaté la rareté du phosphore dans le gisement, j'ai jugé utile de vérifier la composition chimique de ce minéral qui se révéla être un arséniate : la conichalcite, variété d'higginsite.

Faciès : *orthorhombique.*

Minéral cryptocristallin, réniforme, les globules atteignent quelques mm. d'épaisseur.

Texture fibreuse, souvent en nodules rayonnés, formés d'aiguilles très fines avec des zones de couleur variable.

Propriétés physiques.

— Cassure écailleuse, mamelons avec surface brillante ; éclat gras dans la cassure.

— *Dureté :* 5, peu fragile.

— *Couleur* vert foncé à vert jaune (383, 376, 406, 417).

— Poussière vert d'eau (409).

— Faiblement pléochroïque entre le jaune et le vert bleu clair.

— Biaxe négatif.

Indices de réfraction :

$$n_p = 1{,}77 \quad n_m = 1{,}78 \quad n_g = 1{,}805.$$

Densité : Prise sur 45 mgs soigneusement triés, car souvent le minéral est intimement mélangé avec la mimétite = 4,05.

Propriétés chimiques.

Analyse qualitative : effectuée sur des nodules parfaitement purs :

$$CuO\text{-}CaO\text{-}As_2O_5\text{-}H_2O \text{ et traces de } PbO.$$

Analyse quantitative : deux prises distinctes = 360 mgs d'une part pour les éléments autres que l'eau et 145 mgs pour celle-ci.

Attaquer le minéral avec l'acide nitrique, doser l'ion Cl. Éliminer les ions Ag en excès, évaporer, reprendre par HCl ; passer à l'hydrogène sulfuré après réduction par l'anhydride sulfureux :

$$As_2S_3\text{-}PbS\text{-}CuS.$$

Séparer l'arsenic d'avec le plomb et le cuivre par le sulfure de sodium ; doser ensuite l'arsenic sous forme d'arséniate ammoniaco-magnésien ; doser le plomb en sulfate et le cuivre par électrolyse. Dans le filtrat sulfhydrique, précipiter le fer et l'aluminium par l'ammoniaque et doser ensuite le calcium sous forme d'oxalate.

Le dosage de l'eau est effectué par la méthode de Penfield.

Résultats :

Cl	0,1
PbO	6,5
CaO	16,6
As_2O_5	39,8
CuO	30,5
$Fe_2O_3\text{-}Al_2O_3$	0,1
H_2O	6,7
	100,3

Si l'on déduit les impuretés correspondant à la mimétite, soit :

6,5 PbO, 1,76 As_2O_5, 0,1 de Cl et le Fe_2O_3 et Al_2O_5,

on obtient :

As_2O_5	43,2
CuO	33,0
CaO	18,0
H_2O	6,7

ce qui conduit bien à la formule $4(CU, Ca)\,AsO_4.Cu(OH)_2).2\,H_2O$. Ce minéral est donc une variété fibreuse hydratée de l'higginsite (25).

Gisements et associations.

Rares échantillons au point F, plus commun sur les haldes Nord-Ouest de la mine, il est très facilement confondu avec la malachite et l'arséniate hydraté de cuivre et de plomb, seuls des essais qualitatifs permettent une distinction.

Il est postérieur à la beudantite, mimétite, olivénite, pharmacosidérite, et antérieur à la malachite et à l'azurite.

C'est le seul gisement de ce minéral en France.

LAMPADITE

(Wad cuprifère.)

Non signalé précédemment dans le gîte où il est assez fréquent, ce minéral forme des imprégnations en croûtes minces avec parfois des zones mamelonnées pouvant atteindre 2 mm. d'épaisseur, une couche externe compacte recouvre une partie intérieure tendre et terreuse.

Couleur noire verdâtre, poussière brun verdâtre foncé.

Densité : variable de 2,98 à 3,31.

Propriétés chimiques.

Analyse qualitative :

MnO-CuO-H_2O et traces de Fe_2O_3, ZnO, As_2O_5, BaO, SO_3.

Analyse quantitative : seul le dosage du cuivre fut effectué par électrolyse sur une prise de 143 mgs.

Résultats : 12,3 % de CuO.

Gisements et associations.

Répandu dans toute la mine, mais très rarement en bons échantillons. Il est postérieur à la beudantite, carminite, mimétite, arséniate hydraté de cuivre et de plomb.

Antérieur à la duftite.

Ce minéral pourrait provenir d'un mélange de wad normal avec la mélaconite ; en effet, l'analyse qualitative effectuée par voie microchimique sur de nombreux spécimens montre des teneurs en cuivre nettement différentes, mais la rareté du minéral homogène m'a empêché d'en effectuer une étude systématique.

LIMONITE

$Fe_2O_3, n\ H_2O$.

Non signalée, se trouve en croûtes peu homogènes, mamelonnées, ayant 1 mm. d'épaisseur, formées de petits nodules, souvent pseudomorphoses de sidérite ou de pharmacosidérite.

Couleur chocolat, poussière brun rouge.

Densité de 3,37 pour les pseudomorphoses de pharmacosidérite.

Cette limonite est riche en SO_3.

LETTSOMITE (cyanotrichite)

$SO_3, Al_2O_3, 4\ CuO, 8\ H_2O$.

Ce minéral cuprifère qui n'est connu que dans quelques gisements a été trouvé à la mine du Cap Garonne en superbes échantillons, certainement les meilleurs du monde ; il est maintenant très rare sur les haldes, étant fragile et légèrement soluble dans l'eau. Ne l'ayant pas trouvé en place, je l'ai étudié sur des échantillons mis à ma disposition par l'École des Mines et le Muséum d'Histoire Naturelle.

Faciès : *orthorhombique.*

La lettsomite forme une sorte de tapis de petites aiguilles flexibles, parfois groupées en rosettes ou en touffes dont la longueur varie entre 1 mm. et 1,5 cm., l'épaisseur étant de l'ordre du dixième de mm.

Propriétés physiques.

Coloration et éclat : couleur variable oscillant autour du bleu ciel, les cristaux soumis aux intempéries sont nettement plus clairs et deviennent parfois blanc bleuâtre (451, 452, 453, 455, 467, 470).

Propriétés optiques : signe négatif, pléochroïsme intense, le plan des axes optiques est parallèle à l'allongement.

n_g = bleu ciel foncé n_m = blanc bleuâtre n_p = brunâtre.

Les indices de réfraction sont de :

$n_p = 1{,}589$ $n_m = 1{,}617$ $n_g = 1{,}655$.

Densité : prise de 73 mgs. Le minéral s'avère difficile à trier, les fins cristaux formant un feutrage serré qui retient des parcelles d'autres minéraux et, en particulier, la chalcophyllite et la tyrolite.

$d = 2{,}93$.

Propriétés chimiques.

Analyse qualitative :

$$Al_2O_3\text{-}CaO\text{-}Fe_2O_3\text{-}CuO\text{-}SO_3\text{-}H_2O.$$

Facilement soluble dans NO_3H au 1/2.

Analyse quantitative : j'ai pu isoler 192 mgs de produit très pur.

Dissoudre dans NO_3H 1/1, diluer, filtrer pour obtenir l'insoluble, passer en milieu chlorhydrique, aller à sec, reprendre par l'acide chlorhydrique au 1/10° et peser le silice.

Passer le filtrat à H_2S, on obtient ainsi le sulfure de cuivre. Au filtrat sulfhydrique ajouter de l'ammoniaque après élimination de l'hydrogène sulfuré, afin de précipiter fer et alumine.

Traiter le filtrat par HCl, le concentrer, neutraliser de nouveau, ce qui donne un précipité d'alumine que l'on rajoute au précédent.

Traiter le précipité par HCl dilué, puis par la méthode de Knorre avec le nitrosobétanaphtol en milieu acétique.

Faire deux volumes avec le filtrat du groupe fer-alumine et doser séparément CaO et SO_3.

Doser l'eau par différence.

I° Analyse personnelle.
II° Analye Pisani, lettsomite Garonne (26).
III° Formule théorique SO_3, Al_2O_3, 4 CuO, 8 H_2O.

	I	II	III
SiO_2	0,8	—	—
Al_2O_3	17,2	11,21	15,9
CaO	2,2	2,97	—
Fe_2O_3	0,9	1,41	—
CuO	46,8	49,0	49,3
SO_3	12,1	12,10	12,4
H_2O	(20,0)	22,50	22,4
	100,0	99,19	100,0

Gisements et associations.

La lettsomite ne s'est trouvée que sur le poudingue cuprifère riche, c'est un minéral récent, postérieur à la beudantite, barytine, brochantite, azurite, mimétite et antérieur à la chalcophyllite et la tyrolite.

Le Cap Garonne est le seul gisement français de ce minéral.

MALACHITE

CO_3Cu, $Cu(OH)_2$.

Assez commune sous ses formes amorphes mais plus rare à l'état cristallisé, elle peut être facilement confondue avec la brochantite, la conichalcite et l'arséniate hydraté de plomb et de cuivre.

Faciès : *monoclinique.*

Trois types de cristaux :

1° Allongés suivant *b*, cannelés, avec des faces terminales nettes pour les petits cristaux, certains atteignent 1 cm., ils passent rarement à une forme aciculaire.

2° Cristaux pyramidaux avec faces *p* (001), h^1 (100) et *m* (110), souvent groupés en associations parallèles.

3° Cristaux aplatis indistincts.

Toutes ces formes sont fréquemment associées en rosettes ou en houppes, les premières étant constituées par des cristaux des types I ou III et les secondes par ceux du type I.

Mais le plus souvent la malachite forme dans le gisement des masses concrétionnées de petite taille (1 à 2 cm.) à structure fibreuse avec une surface tuberculeuse ou botryoïdale, soit lisse, soit hérissée de fins pointements cristallins. On la rencontre aussi interstratifiée dans les lits constitués par de l'argile et de l'azurite.

Propriétés physiques.

Seul le clivage *p* a pu être mis en évidence sur des cristaux du type II, la cassure est conchoïdale.

— *Dureté :* 3,5 fragile.

— *Coloration et éclat :* vert malachite, vert glauque (391, 397, 405, 411), poussière vert émeraude à vert pâle (408, 410).

— Opaque ou translucide, les cristaux du type III sont transparents, éclat adamantin, brillant sauf pour les types fibreux avec un éclat soyeux.

Indices de réfraction sur cristaux du type II :

$$n_g = 1{,}655 \quad n_m = 1{,}87 \quad n_p = 1{,}90.$$

Propriétés chimiques.

Analyse qualitative :

CO_2, CuO, H_2O

très faible effervescence à froid avec les acides.

Gisements et associations.

Elle accompagne généralement l'azurite, à l'exception du point B où elle est associée à l'olivénite.

Elle s'est déposée après l'azurite, barytine, l'arséniate hydraté de cuivre et de plomb, beudantite, conichalcite, carminite, adamite cuprifère, duftite, mimétite, olivénite, mansfieldite, pharmacosidérite, tyrolite et zeunerite ; et avant la cérusite, calcite et le gypse.

SÉRIE MANSFIELDITE-SCORODITE
Al_2O_3, As_2O_5, 4 H_2O — Fe_2O_3, As_2O_5, 4 H_2O.

Lacroix a décrit (27) un minéral qu'il avait trouvé parmi les échantillons de la mine. Il s'agit d'un arséniate d'alumine et de fer hydraté auquel il donne le nom de liskeardite, tout en soulignant que l'échantillon étudié par lui présentait certaines caractéristiques différentes du minéral type de Cornouailles.

J'ai retrouvé dans les haldes et en place de nombreux spécimens analogues à celui décrit par Lacroix.

L'étude que j'en ai faite m'a conduit à admettre qu'on se trouve devant des variétés appartenant à la série mansfieldite-scorodite (la mansfieldite et ses variétés ferrifères ont été découvertes à Hobart Butte, Lane Co, Oregon, U. S. A. en 1942 et décrites par VT. Allen et J. J. Fahey) (28).

Faciès : *orthorhombique.*

Il est presque impossible de reconnaître les différents termes de la série sans une analyse quantitative complète, que je n'ai pu effectuer que rarement ; aussi décrirai-je les deux espèces conjointement.

Mansfieldite et scorodite se trouvent exceptionnellement en bons cristaux, d'ailleurs de petite taille (3 à 4/10 de mm.). Remarquons que la mansfieldite de l'Oregon n'avait pas été trouvée en individus isolés. Par analogie avec les cristaux de scorodite on peut mentionner les formes suivantes :

1° Octaèdres avec faces *p* (III), l'échantillon de mansfieldite ferrifère (analyse 2) montrait des cristaux de cette forme.

2° Prismes avec pointements octaédriques présentant les faces (100), (120), (111) qui se rapportent vraisemblablement à une mansfieldite très peu ferrifère, incolore.

Généralement, ces deux arséniates forment des croûtes de 1 à 2 mm. d'épaisseur à surface mamelonnée ou botryoïdale hérissée de pointements cristallins, présentant quelques faces octaédriques. La scorodite aluminifère n'a été trouvée que sous cette forme.

Les cristaux s'unissent souvent en groupes rayonnés. Les uns comme les autres peuvent être zonés.

La mansfieldite ferrifère se présente aussi en masses compactes de 1 à 2 mm. d'épaisseur, à structure homogène, ressemblant à de la calcédoine, ou en croûtes stalactiformes à structure finement radiée.

Propriétés physiques.

— *Clivage* imparfait, cassure subconchoïdale à conchoïdale, peu fragile.

— *Dureté :* 4 à 5 pour la mansfieldite ;

3 à 4 pour la scorodite aluminifère.

— *Coloration et éclat :* très variable, la mansfieldite se trouve en cristaux incolores, blancs, légèrement bleuâtres, crèmes, chamois, transparents à translucides.

Les croûtes cristallines varient entre le blanc verdâtre, le bleu ciel, le vert de gris (304, 328, 330, 370, 430, 420, 455, 485), opaques à translucides. Poussière incolore ou très légèrement bleutée. La coloration bleue provient du CuO qui peut entrer dans la composition du minéral.

— Éclat brillant pour les mansfieldites ferrifères cristallisées.

— Ternes pour la mansfieldite massive et la scorodite aluminifère ; éclat gras dans la cassure.

Propriétés optiques :

Biaxe négatif d'après une détermination faite sur la mansfieldite ferrifère ; un exemplaire de scorodite aluminifère s'est avéré biaxe positif, les propriétés optiques, y compris les indices, montrent d'importantes variations.

Indice de réfraction :

Il n'est pas possible de garantir l'exactitude des indices pris sur des cristaux présentant des zones de compositions différentes. Ils ont été mesurés sur les cristaux analysés.

Scorodite aluminifère (ana. 5),

$n_p = 1{,}740$, $n_m =$ peu différent de 1,740, $n_g = 1{,}765$,

mansfieldite ferrifère (ana. 2).

Indices compris entre 1,698 et 1,720,

mansfieldite ferrifère (ana. 3).

Indices compris entre 1,72 et 1,74.

Les minéraux de Hobart Butte présentaient aussi cette particularité de donner des indices inconstants.

Densité : elle est aussi très variable.

— Scorodite aluminifère (ana. 5) = 3,12
— scorodite aluminifère = 3,18
— mansfieldite ferrifère (ana. 3) = 3,07
— mansfieldite ferrifère (ana. 2) = 3,01.

La densité diminuerait donc avec l'enrichissement en Al_2O_3.

Propriétés chimiques.

Analyse qualitative : plus facile que pour les minéraux de l'Oregon qui se présentent en mélange avec kaolin et quartz ; les espèces de la Garonne se trouvent souvent exemptes de tous autres minéraux.

As_2O_5, Fe_2O_3, Al_2O_3, H_2O, BaO, CuO, SiO_2.

Difficilement attaqué par l'eau régale à chaud, la solution sulfurique réduit faiblement le MnO_4K.

Dans le tube fermé donne de l'eau et un faible sublimé d'As_2O_3.

Fond facilement et devient attirable à l'aimant.

Analyse quantitative : minerai en poudre très fine, attaquer d'abord par NO_3H concentré pendant une heure au BM, puis par l'eau régale pendant 3 heures, reprendre par HCl après avoir filtré l'insoluble qui est analysé à part.

Amener le filtrat à sec, et filtrer la silice. Réduire la solution par l'anhydride sulfureux ; traiter ensuite par l'hydrogène sul-

furé en courant rapide. Sur le précipité de sulfure, séparer le cuivre et l'arsenic. Doser ce dernier sous forme d'arséniate amnoniaco-magnésien.

Filtrat : éliminer H_2S. Oxyder par l'acide nitrique et l'eau de brome, séparer le fer et l'aluminium par la méthode de Rose.

Ajouter à la solution chlorhydrique 10 fois le poids des oxydes en acide tartrique, puis alcaliniser légèrement par l'ammoniaque, si un précipité se produit, le redissoudre par quelques gouttes d'acide chlorhydrique et rajouter de l'acide tartrique. Saturer avec hydrogène sulfuré, rendre ammoniacale la solution et saturer à nouveau par hydrogène sulfuré, ce qui donne un précipité de sulfure de fer que l'on filtre et lave avec eau à 1 % de tartrate d'ammonium. Si le précipité est abondant, recommencer l'opération et doser le fer après redissolution et oxydation par précipitation à l'ammoniaque.

Dans le filtrat, ajouter acide sulfurique, détruire l'acide tartrique à fumées blanches avec l'acide nitrique fumant; ajouter goutte à goutte et doser l'alumine en la précipitant par l'ammoniaque.

Résultats :

1° Mansfieldite de Hobart Butte.

2° Mansfieldite ferrifère de la Garonne. Prise 222 mgs.

Densité : 3,01. Insoluble 4,6 mgs (2,3 mgs SO_4Ba, 2,3 mgs SiO_2).

3° Mansfieldite ferrifère de la Garonne. Prise 212 mgs. Insoluble 22,1 mgs (12,2 SiO_2, 9,9 mgs SO_4Ba) $d = 3,07$.

4° Aluminian scorodite, Hobart Butte $d = 3,13$.

5° Scorodite aluminifère de la Garonne. $d = 3,14$. Prise 242 mgs insoluble 3,8 mgs (2,7 SO_4Ba, 1,1 SiO_2).

6° Scorodite. Durango. Mexique $d = 3,278$.

	I	II	III	IV	V	VI
Al_2O_3.....	22,30	22,2	15,4	5,76	4,7	—
TiO_2.....	0,91	—	—	0,06	—	0,02
Fe_2O_3.....	0,88	3,6	11,4	25,72	25,8	34,79
AS_2O_5....	56,43	56,1	54,0	48,88	50,9	49,52
A reporter.	80,52	81,9	80,8	80,42	81,4	84,33

	I	II	III	IV	V	VI
Report. .	80,52	81,9	80,8	80,42	81,4	84,33
Sb_2O_5	0,12	—	—	0,74	—	0,06
P_2O_5	0,59	—	—	1,72	—	—
H_2O+	17,77	19,0	17,3	15,86	17,2	15,44
H_2O-	—	—	—	1,18	—	—
SiO_2	—	0,2	1,5	0,20	—	—
BaO	—	traces	traces	—	2,4	—
CuO	—	traces	0,7	—	—	—
	99,00	101,1	100,3	100,12	101,0	99,83

d'après les résultats de l'analyse qualitative, une partie du fer pourrait être sous sa valence minima.

Rayons X.

Comparaison entre les spectres de liskeardite type, de mansfieldite ferrifère et de scorodite de Puy-les-Vignes.

Tableau 7

DÉPOUILLEMENT DE DIAGRAMMES DE POUDRE.
(Rayonnement filtré Cu Kα.)

SCORODITE		MANSFIELDITE		LISKEARDITE	
d (Å)	I	*d* (Å)	I	*d* Å	I
—	—	—	—	—	—
5,60	F	5,56	F	17,55	FF
5,00	f	4,95	m <	12,24	m
4,46	F	4,44	F	8,65	F
4,07	f	4,05	F	7,85	> m
3,79	f	—		7,44	m
—		3,59	ff	5,66	ff
—		3,44	ff	4,76	ff
3,32	ff	3,30	ff	4,56	ff
3,17	F	3,14	F	4,25	f
3,05	m	3,02	F	3,95	f
3,01	m <	2,97	f	3,44	ff
—		2,83	ff	3,33	FF
2,72	f	2,73	ff	3,22	f
2,58	> m	2,56	> m	3,12	ff
2,50	f	2,48	m <	2,85	f
		2,30	ff	2,78	f
		2,24	ff	2,59	f
		2,16	ff	2,47	ff
		2,10	m <	2,37	m
		2,03	ff	2,28	ff
				2,24	ff

mansfieldite et scorodite sont bien 2 termes d'une série isomorphe. Il semble que les 2 mailles soient très semblables.

Gisements et associations.

Ces espèces sont très fréquentes dans le gîte, la mansfieldite ferrifère colorée en bleu par le cuivre est la plus répandue.

J'ai trouvé en place F, la mansfieldite incolore associée à un grand nombre d'autres minéraux. On ne peut placer chronologiquement les différentes variétés de cette série.

La série mansfieldite scorodite est postérieure à la zeunerite, elle semble contemporaine des minéraux suivants : beudantite, pharmacosidérite, barytine, mimétite. Elle est antérieure à azurite, anglésite, conichalcite, arséniate hydraté de plomb et de cuivre, malachite, olivénite, tyrolite.

MIMÉTITE

$(PbCl)\ Pb_4\ (AsO_4)_3$.

Ce minéral était déjà signalé dans le gisement ; nous empruntons à la *Minéralogie de la France*, de A. Lacroix, le passage suivant :

« Maures. Var. La mine de la Garonne a fourni la mimétite presque incolore ou d'un blanc jaunâtre très pâle, plus rarement d'un vert brunâtre, qui forme des enduits distincts d'aiguilles fusiformes ou de cristaux (p, m) qui, en général, ne sont pas associés aux autres arséniates. »

J'ai pu trouver dans un endroit récemment déblayé par les locataires actuels de la mine, pour y installer un hangar, de très bons échantillons de mimétite en place. Ce minéral est d'ailleurs fréquent dans les autres parties de la mine et dans les recherches effectuées sur le périmètre de la concession.

Faciès : *hexagonal parahémiédrique.*

Cristaux de taille très variable, certains atteignent 4×6 mm., s'ils sont très allongés suivant l'axe sénaire, ils mesurent jusqu'à 1 cm. de long sur 2 mm. de large.

Généralement ils forment des prismes hexagonaux avec faces p $(000\bar{1})$ et m $(10\bar{1}0)$, ils peuvent êtres aplatis suivant la face p et prendre la forme de lamelles hexagonales dans les cas extrêmes. L'aplatissement aura rarement lieu suivant une face latérale du prisme. De nombreux échantillons montrent une tendance à cristalliser en barillets, parfois très allongés, aboutissant à une forme en navette.

Les associations flabelliformes sont communes. Certains cristaux se présentent en faisceaux de fibres divergentes qui, exceptionnellement, se groupent en donnant des prismes hexagonaux imparfaits. Des pelotes cristallines ou des nodules hérissés de pointements sont assez rares.

Les gros cristaux résultent souvent de l'association d'individus groupés parallèlement aux faces latérales du prisme. Sur deux échantillons l'accolement a lieu suivant (p) donnant des cristaux sceptraux.

Les faces observées sont les suivantes :

p (0001) m $(10\bar{1}0)$ b^1 $(10\bar{1}1)$ $b^{1/2}$ $(20\bar{2}1)$ a^1 $(11\bar{2}1)$; $b^{1/2}$ et a^1 sont très rares dans le gisement, la face (p) est souvent corrodée sur les gros cristaux.

Propriétés physiques.

— Clivage imparfait suivant b^1 $(10\bar{1}1)$, cassure conchoïdale, cristaux très fragiles.

— *Dureté :* 3,5.

— *Coloration et éclat :* très variable : incolore, limpide, chamois, rose, jaune, brune, verte, brun noir.

— Poussière blanche à jaunâtre.

— Cristaux fréquemment zonés, les extrémités étant plus claires que les centres, verts avec noyaux bruns, ou jaune clair transparent avec centre opaque. Éclat vitreux à adamantin.

Indice de réfraction sur cristaux jaune clair :

$$n_e = 2{,}14,\ n_o = 2{,}12$$

faiblement pléochroïque.

Densité :

avec mimétite verte, prise 121 mgs : 7,20.
mimétite ambrée, prise 60 mgs : 7,21.
mimétite incolore, prise 82 mgs : 7,23.

Propriétés chimiques.

Analyse qualitative :

	Mimétite verte	Mimétite ambrée	Mimétite incolore
Cl.....	+	+	+
PbO....	+	+	+
As_2O_5...	+	+	+
P_2O_5....	+	+	traces
CaO....	+	+	0
Fe_2O_3...	+	traces	traces
Al_2O_3...	traces	0	0

Les nombreuses recherches de vanadium effectuées surtout parmi les ambrées se sont révélées négatives.

Analyse quantitative : trier les cristaux sous la loupe binoculaire. Effectuer plusieurs lavages pour éliminer l'argile rouge qui les enrobe.

Une seule prise de 4 à 600 mgs.

Dissoudre à froid le minéral dans 10 cc. d'acide nitrique au 1/2. Filtrer sur creuset filtrant, laver avec eau distillée. Dessécher à 100° : insoluble (quartz et argile).

Additionner le filtrat d'un très léger excès de nitrate d'argent, laisser reposer une demi-heure à l'obscurité, filtrer sur creuset filtrant, laver avec eau nitrique, déssécher à 110°. Peser le chlorure d'argent : Cl.

Précipiter l'excès de nitrate d'argent par un très léger excès d'acide chlorhydrique. Filtrer. Laver avec eau nitrique. Ajouter dans le filtrat 5 cc. d'acide sulfurique, porter à fumées blanches abondantes au bain de sable. Reprendre avec 100 cc. d'eau distillée additionnée de 10 cc. d'acide sulfurique et de 10 cc. d'alcool. Laisser 1 heure. Filtrer sur creuset filtrant de silice (porosite 3). Laver avec eau contenant 4 % d'acide sul-

furique et 4 % d'alcool, puis à trois reprises avec alcool. Porter le creuset au four électrique à 700°. Peser : PbO. (So_4Pb).

Faire évaporer la solution jusqu'à disparition complète de l'alcool. Ajouter 5 cc. d'acide chlorhydrique, faire passer un courant d'anhydrique sulfureux à froid jusqu'à saturation, laisser une demi-heure dans une fiole bouchée, puis éliminer au bain de sable l'excès d'anhydride sulfureux. Ajouter de l'eau pour avoir une concentration en acide de 10 %. Chauffer à 80° et faire passer un courant rapide d'hydrogène sulfuré : précipité d'As_2S_3. Laver avec acide chlorhydrique à 5 % saturé par l'hydrogène sulfuré, puis avec l'alcool, puis 2 fois avec du sulfure de carbone, de nouveau à l'alcool, dessécher à 110° jusqu'à poids constant et peser le sulfure d'arsenic : As_2O_5.

Laisser le filtrat à une douce température jusqu'à disparition du sulfure de carbone, puis le porter au bain de sable pour éliminer l'alcool. Oxyder avec l'acide nitrique et eau de brome. Faire un volume à 200 cc. dans une fiole jaugée.

A : sur 100 cc.

Saturer la prise avec ammoniaque diluée versée goutte à goutte en refroidissant la solution. S'arrêter à une légère alcalinité. Revenir en milieu légèrement acide avec de l'acide acétique dilué. Ajouter à la liqueur 2 % de son volume en acide acétique concentré. Laisser reposer 2 heures à froid en agitant fréquemment. Jeter le précipité contenant les phosphates de fer et d'alumine sur un filtre et laver avec de l'eau chaude très faiblement acétique. Dans le cas présent, on n'effectue pas la séparation du fer et de l'aluminium, ce dernier étant en faibles traces.

Additionner le filtrat acétique d'oxalate d'ammonium à chaud. Filtrer et faire un dosage volumétrique de calcium.

B : 100 cc.

Évaporer à fumées blanches. Précipiter le phosphore sous forme de phosphomolybdate avec un fort excès de réactif en raison de l'ion SO_3.

Résultats :

	Mimétites vertes			Mimétites ambrées		Mimétite incolore
Cl.....	2,41	2,47	2,46	2,45	2,48	2,34
PbO.....	75,12	75,1	74,9	75,2		75,58
As_2O_5....	22,02	22,1	22,03	22,15		21,95
P_2O_5.....	0,18	0,22	0,24	0,12		traces
CaO.....	0,12	0,1	0,15	0,08		—
Fe_2O_3....	0,07	0,1	0,1	traces		traces
Al_2O_3....		traces		—		—
	99,92	100,09	99,88	100,00	2,48	99,87

La mimétite incolore de la Garonne est donc particulièrement pure, les analyses de cette espèce, citées pour d'autres gisements, montrent toujours une concentration supérieure en impuretés et, en particulier, le remplacement de l'arsenic par du phosphore dans la molécule, ce qui n'est pas le cas pour cette variété.

Rayons X.

Spectre de poudre de la mimétite verte du gisement et de la variété cuprifère, décrite ci-après.

Tableau 8

DÉPOUILLEMENT DES DIAGRAMMES DE POUDRE.
(Rayonnement filtré Cu Kα.)

MIMÉTITE		MIMÉTITE CUPRIFÈRE		MIMÉTITE		MIMÉTITE CUPRIFÈRE	
d (Å)	I	*d* (Å)	I	*d* (Å)	I	*d* (Å)	I
4,36	ff	4,59	ff	—		2,58	f
—		4,29	ff	—		2,49	ff
4,13	f	4,13	f	—		2,33	f
3,67	ff	3,43	ff	2,24	f	2,24	f
3,38	f	3,38	f	2,08	F	2,08	>m
3,28	m	3,29	m<	2,03	f	2,03	f
3,00	FF	3,00	FF	1,97	>m	1,97	m
2,96	FF	2,96	FF	1,94	m	1,94	m
2,91	F	2,91	FF	1,91	m	1,91	m
—		2,77	f	1,88	>m	1,88	m
—		2,64	f	1,84	m<	1,84	f

Gisements et associations.

Si la mimétite n'est pas rare dans le gîte, ses meilleurs échantillons furent trouvés aux points A, I, F et particulièrement en A.

Le point A est représenté par la fig. I, pl. X le point I par la fig. 2 et le point F par la fig. 3.

Point A. — En partant de bas en haut nous trouvons sur le socle permien une zone de conglomérats à gros éléments qui ne présente pas de minéraux secondaires plombifères, seule s'y trouve l'olivénite souvent fusiforme.

Puis sur la même gangue apparaissent de nombreux cristaux de mimétite, la couche minéralisée est sillonnée de fissures Nord-Sud, remplies d'argile ferrugineuse qui englobe les cristaux et semble avoir servi de matrice pour leur formation ; la mimétite occupe des surfaces de plusieurs mètres carrés et fournit de splendides échantillons ; elle est très fréquemment recouverte de cristaux de duftite.

Au-dessus une couche très intéressante d'argile micacée blanche a pris une apparence schisteuse par compression ; à sa base se rencontrent les rares cristaux d'arséniate hydraté de plomb et de cuivre. Cette partie qui a une épaisseur moyenne de 10 cm. est très peu minéralisée. Elle est suivie d'un niveau de conglomérat à grain fin, en partie cimenté par de la cérusite, dans cette zone les minéraux cuprifères disparaissent complètement, on y trouve seulement la mimétite jaune, la cérusite en gros cristaux, accompagnée par la pharmacosidérite. Dans la partie supérieure de ce niveau, les cristaux de mimétite sont fortement aplatis sur p.

Enfin la coupe se termine par un dépôt argileux micacé semblable au premier, fendillé verticalement ; au-dessus des fissures quelques cristaux de mimétite se sont déposés dans le grès rouge triasique.

Point I. — Le conglomérat à gros éléments reposant sur le substratum permien ne renferme à sa base que l'olivénite

et la tyrolite bleue, plus haut, il accuse une minéralisation plombifère, puis sa structure devient plus fine et la cérusite en forme le ciment. Après une zone stérile en minéraux primaires, on rencontre une intercalation argileuse assez fine (2 à 4 cm.) suivie d'une zone renfermant la mimétite incolore ; la seconde couche argileuse et le grès triasique ont été déblayés.

Point F. — Nous retrouvons à la base, la couche à olivénite et tyrolite surmontée par deux lambeaux de conglomérat à grain moyen riche en minéraux secondaires ; celui de gauche est cimenté par la cérusite et englobe de nombreux minéraux plombifères (anglésite, beudantite, carminite), celui de droite possède une gangue siliceuse et barytique, minéralisée par la pharmacosidérite altérée, la tyrolite, la mansfieldite, l'azurite, la malachite et les minéraux de plomb déjà cités. C'est en ce point que fut trouvée la géode barytique contenant bornite, chalcocite, covellite, blende et smithsonite.

Au-dessus, le conglomérat présente une structure plus fine, il est pauvre en minéraux sulfurés et ne supporte que la mimétite incolore avec l'azurite et la malachite ; vient ensuite intercalée entre deux lits d'argile micacée, une zone de conglomérat à grain fin, sans minéraux cuprifères.

Comme au point A, des cristaux de mimétite se sont déposés dans le trias au-dessus de la dernière couche argileuse.

Nous pouvons remarquer la continuité qui existe dans ces trois fronts de taille. La couche minéralisée est formée par un conglomérat dont les éléments deviennent de plus en plus fins en s'élevant, ce qui prouve qu'il s'agit d'un dépôt sédimentaire. Les deux couches d'argile micacée divisent le niveau minéralisé en trois parties bien distinctes ; la première comporte des minéraux secondaires plombo-cuprifères, la seconde des minéraux de plomb et enfin la couche de grès triasique ne renferme la mimétite qu'au voisinage des fissures de l'argile sous-jacent. Il semble donc que les lits argileux ont ici effectué une filtration sélective.

La mimétite accompagne de nombreux minéraux, elle est

coexistante sans que l'on puisse donner un ordre rigoureux d'apparition, avec la barytine, beudantite et pharmacosidérite.

Une mimétite de seconde génération qui se trouve en très petits cristaux ambrés est postérieure à la mimétite primaire et aux espèces suivantes : carminite, cérusite, mansfieldite, mottramite.

La mimétite de première génération est antérieure à l'azurite, anglésite, arséniate hydraté de plomb et de cuivre, cérusite, chalcophyllite, conichalcite, adamite cuprifère, duftite, dundasite, gypse, lampadite, lettsomite, malachite, olivénite, tyrolite.

On voit que la mimétite se trouve avec presque toutes les espèces secondaires du gisement. Sa grande variété de forme, ainsi que la taille atteinte par ses cristaux fait de ce gisement, un des plus importants pour cette espèce.

VARIÉTÉ CUPRIFÈRE DE MIMÉTITE

J'ai trouvé, en place, au point A, des globules ou des masses nodulaires de couleur verte, à la surface du conglomérat.

Une analyse qualitative montre la présence du PbO-CuO As_2O_5, H_2O et Cl. Le chlore me fit penser à un mélange dont la mimétite était un des constituants.

Faciès.

Nodules pouvant avoir 6 mm. de large, parfois en forme de gouttes isolées. Structure concentrique, formée de fines pellicules emboîtées les unes dans les autres et qui peuvent être facilement séparées.

Propriétés physiques.

— Cassure conchoïdale, fragile.

— *Dureté :* 3,5.

— *Couleur :* verte (368 à 393). Les différentes zones sont

diversement colorées, souvent le centre est vert foncé et les enveloppes périphériques varient du vert jaune au jaune.

— Poussière : vert isabelle — (395).

Densité : variant entre 5,18 et 5,26.

Propriétés chimiques.

Analyse qualitative : deux analyses en suivant la méthode employée pour la duftite. Prises de 260 à 375 mgs.

Résultats :

Cl.....	1,6	1,5
PbO	57	54,8
CuO.....	13,7	15,2
As_2O_5.....	23,6	21,3
P_2O_5.....	0,6	0,5
CaO	0,5	traces
H_2O	3,8	6.4
	100,8	99,7

On voit que la teneur varie avec les échantillons, en particulier la teneur en eau.

Rayons X.

La comparaison des spectres de poudre de cette variété avec la mimétite a déjà été faite plus haut. Le résultat montre bien que nous avons affaire à un mélange.

Gisements et associations.

Ne fut trouvée qu'au point A où elle existe immédiatement en dessous de la couche argileuse centrale. Elle est seulement accompagnée de barytine qui lui est antérieure.

MOTTRAMITE

$5\,(Cu, Pb)\,O.V_2O_5,\ 2\,H_2O.$

Espèce non signalée dans le gisement. C'est d'ailleurs la première fois qu'un minéral du groupe de la descloizite est trouvé en France. Des analyses industrielles du minerai faites

par Bonnard et Campredon ont montré la présence de vanadium parmi les impuretés, j'ai donc pensé tout d'abord que cet élément se trouvait sous forme d'endlichite ou vanadinite ; certaines mimétites brunes et zonées ayant l'aspect de ces espèces ; malgré de nombreuses analyses je n'ai pu le mettre en évidence.

Récemment, j'ai trouvé dans les haldes de nombreux échantillons de mottramite qui m'ont permis de faire l'étude suivante :

Faciès : *orthorhombique.*

Cristaux de très petites tailles, les plus gros atteignent 3/10 de mm. de longueur sur 2/10 de largeur. Ils sont pyramidaux avec leurs faces striées et souvent arrondies. La face a^1 (111) peut être déterminée.

Les cristaux forment généralement à la surface du conglomérat des croûtes qui peuvent être confondues facilement avec les imprégnations de lampadite fréquentes dans la mine.

L'épaisseur de ces formations varie de 1 mm. à quelques centièmes de mm.

Propriétés physiques.

— Pas de clivage, cassure conchoïdale, peu fragile.

— *Couleur* noire à noire verdâtre foncée. Opaque ou translucide.

— Poussière vert bistre (261).

— *Dureté :* 3,5.

— Les indices de réfraction de ce minéral relativement opaque sont difficiles à déterminer :

$$n_m = 2{,}17,\ n_m = 2{,}26,\ n_g = 2{,}34.$$

Densité : prise de 50 mgs = 5,84.

Propriétés chimiques.

Analyse qualitative : effectuée par macro- et microméthode, elle a donné les résultats suivants :

Forte teneur en V_2O_5, PbO, CuO.

Présence d'H_2O, Fe_2O_3, CaO, As_2O_5, ZnO.

Traces de Cl.

La recherche du vanadium fut dans tous les cas effectuée par les méthodes suivantes :

Microméthode : dissoudre le cristal dans NO_3H 1/1. Par évaporation, résidu rouge marginal de V_2O_5. Reprendre par NO_3H 1/3 et ajouter une goutte de H_2O_2 à 50 volumes : coloration rouge brunâtre.

Macrométhode : attaquer 50 mgs de produit en poudre fine avec 250 mgs de CO_3Na_2 et Na_2O_2. Reprendre avec eau chaude, filtrer, amener presque à neutralité avec NO_3H dilué. Évaporer à sec et reprendre le résidu par de l'eau chaude.

Sur ce filtrat, faire les essais suivants :

a) bouillir avec un excès de CH_3COOH : coloration orangée ;

b) traiter une partie de cette solution acétique avec du chlorure d'ammonium et une solution aqueuse fraîchement préparée de tanin : précipité volumineux bleu noir ;

c) évaporer la solution avec de l'acide chlorhydrique : coloration bleue de chlorure vanadique ;

d) après addition du cinquième de son volume et acide sulfurique, et de quelques gouttes d'eau oxygénée : coloration brun rouge.

Analyse quantitative : traiter le produit trié par l'acide nitrique au demi, après dissolution, filtrer l'insoluble (quartz).

Ajouter de l'acide sulfurique et évaporer à fumées blanches. Fondre le précipité de sulfate de plomb avec du sulfate acide de potassium (afin de récupérer la partie d'acide vanatique entraînée par le sulfate de plomb.). Dissoudre avec H_2O, filtrer le sulfate de plomb et calciner ; peser le sulfate de plomb (PbO).

Faire passer un courant d'anhydrique sulfureux jusqu'à saturation dans la solution ; éliminer l'excès d'anhydride sulfureux, passer à l'hydrogène sulfuré qui précipite les sulfures de cuivre et d'arsenic qui sont ensuite séparés par le sulfure de sodium et dosés.

Neutraliser par l'ammoniaque et précipiter les sulfures de zinc et de fer.

Acidifier le filtrat avec de l'acide acétique, traiter par le chlorure d'ammonium, puis précipiter le vanadium avec un excès de tanin en solution aqueuse fraîchement préparée. Laisser reposer le précipité volumineux formé. Filtrer. Laver avec une solution à 2 % de nitrate d'ammonium et un peu de tanin. Calciner dans une capsule de quartz jusqu'à fusion du pentoxyde.

Résultats. — Prise 340 mgs, insoluble 5 mgs.

PbO	52,1
CuO	19,2
ZnO	1,8
V_2O_5	18,5
As_2O_5	2,1
Fe_2O_3	1,3
CaO	0,7
H_2O	3,7
Traces de Cl	
	99,4

ce qui conduit à la formule 5 (Cu, Pb, Zn) $V_2O_5.2.H_2O$. Bannister (29) a montré que les spectres des rayons X des espèces et variétés suivantes sont identiques :

descloizite, mottramite, psittacinite, chileite, eusynchite et déchénite.

Il en conclut que seuls les termes extrêmes de cette série doivent être conservés, en nommant descloizite le minéral dont la teneur en CuO est inférieure à 10 % et mottramite celui dans lequel elle est supérieure.

Gisements et associations.

Je n'ai pas trouvé ce minéral en place, les rares échantillons récoltés le furent sur les haldes Nord-Ouest de la mine.

Le minéral qui se trouve sur un poudingue gréseux, vierge

de minéraux sulfurés, est rarement associé à d'autres espèces secondaires. Il est postérieur à la barytine et antérieur à la mimétite.

PHARMACOSIDÉRITE

$Fe(O(HK)_3.(AsO_4)_2.5H_2O$.

Ce minéral commun dans le gisement, y fut trouvé par Pisani (30), il fut ensuite décrit par Lacroix dans sa *Minéralogie de la France*. J'en ai recueilli de nombreux échantillons en place et sur les haldes.

Faciès : *cubique tétraédrique.*

Les échantillons que j'ai examinés montrent uniquement la face *p* (100) toujours striée, Lacroix cite la face 1/2 a^1 que je n'ai pas retrouvée.

Les cristaux parfaits atteignent au plus 1,5 mm., certains sont polysynthétiques. Ils peuvent former des croûtes finement cristallines.

Propriétés physiques.

— *Clivage* imparfait suivant *p* (100), cassure inégale, les gros cristaux altérés présentent des fissures parallèles à *p*, l'altération semble avoir lieu de préférence suivant les plans de clivage.

— *Dureté :* varie de 2 à 3 suivant l'altération. Peu fragile. *Densité :* cristaux vert olive non altérés. Prise 72 mgs = 2,93 ; cristaux jaune foncé, finement fissurés. Prise 48 mgs = 2,97.

— *Coloration et éclat :* très variable. Le plus rarement limpide et transparente, cristaux ne dépassant pas dans ce cas 3/10 de mm.

Jaune clair à vert brun (177, 250, 295).

Vert clair à vert brun (296, 297, 300) ; existence de cristaux zonés avec cœur brun et couches extérieures incolores.

Les variétés transformées en limonite sont brun chocolat (126).

— Poussière incolore à jaune verdatre pâle (263), transparent en lame mince, éclat vitreux à gras suivant le degré d'altération.

Propriétés optiques :

Sensiblement isotrope.

$n = 1{,}716$ pour la variété jaune ;

$n = 1{,}718$ pour sa variété verte.

Propriétés chimiques.

Analyse qualitative :

As_2O_5, K_2O, Fe_2O_3, H_2O, P_2O_5, traces de CaO.

Difficilement attaquable par NO_3H à chaud. Les cristaux plongés dans l'ammoniaque deviennent rouge carminé, placés dans HCl dilué, ils reprennent leur couleur primitive. Cette réaction est très sensible pour les cristaux fendillés.

Soluble dans HCl au BM.

Analyse quantitative : effectuée sur variété verte. Prise totale de 230 mgs.

1) sur 130 mgs :

Dissoudre dans HCl au BM. Soustraire l'insoluble dans la solution. Précipiter l'arsenic en As_2S_3 que l'on dose après dissolution dans l'acide nitrique fumant en arséniate ammoniaco-magnésien. Dans le filtrat, précipiter le fer et le phosphore après oxydation ; peser ensemble, puis doser le phosphore par le nitromolybdate ;

2) sur 100 mgs, doser le potassium par le platinocyanure. L'eau est dosée par différence.

I° Analyse pharmacosidérite de la Garonne.

II° Composition centésimale-type.

	I	II
As_2O_5	35,6	39,18
Fe_2O_3	37,9	40,88
P_2O_5	0,2	
CaO	traces	—
K_2O	3,9	variable
H_2O	(22,4)	19,94
	100,0	100,00

Le potassium remplace une partie de l'hydroxyle, sa proportion est variable.

Pseudomorphose.

Certains cristaux sont transformés en limonite, cette transformation est plus ou moins complète; parfois le centre des cristaux reste inaltéré. Sur la limonite se trouvent de très petits cristaux jaunes plombifères (beudantite ?).

Gisements et associations.

La pharmacosidérite est abondante au point F où elle est transformée en limonite.

Elle est postérieure à la zeunérite, contemporaine de la beudantite, barytine et mimétite et antérieure aux espèces suivantes : arséniate hydraté de cuivre et de plomb, conichalcite, carminite, anglésite, adamite cuprifère, malachite, mansfieldite, gypse, olivénite, azurite, tyrolite.

Un seul échantillon nous a montré une pharmacosidérite jaune clair, contemporaine de la mimétite de seconde génération.

C'est le plus important gîte de ce minéral en France.

SIDÉRITE
CO_3Fe.

Non signalée, se trouve dans le grès permien à proximité de la couche minéralisée, elle forme des cristaux lenticulaires, entrecroisés, généralement très altérés, de taille maximum 5 mm. L'altération l'a transformée en limonite, sauf le centre des plus gros cristaux qui donne les réactions du Fe_2O_3, CaO, CO_2. Pas de magnésium.

SMITHSONITE
CO_3Zn.

J'ai trouvé ce minéral non signalé dans le gisement en un seul échantillon qui, malheureusement, ne supportait que quelques cristaux.

Faciès : *rhomboédrique.*

Cristaux allongés, polysynthétiques, les faces sont ternes et striées. Ils atteignent au plus 1,5 mm. de longueur, non mesurables.

Propriétés physiques.

— Clivage p $(10\bar{1}1)$ parfait, cassure conchoïdale. Peu fragile. Couleur blanche, généralement recouvert d'un enduit vert de malachite. Translucide. Poussière incolore.

— *Indices de réfraction :*

$$n_e = 1{,}621 \qquad n_o = 1{,}85.$$

Densité : prise 34 mgs = 4,41.

Propriétés chimiques.

Analyse qualitative :

ZnO, CO_2, traces de CuO et CaO.

Gisements et associations.

Trouvée au point F dans une géode contenant blende, barytine. Postérieure à ces deux minéraux, elle est antérieure à la malachite.

SOUFRE

Non signalé. Trouvé en petits cristaux transparents jaune citron, de 0,5 mm. où l'on peut remarquer les faces (001) et (111).

Densité : 2,06 sur 25 mgs.

Poussière incolore, éclat brillant ; l'analyse qualitative montre l'absence de sélénium.

Gisements et associations.

Se trouve sur un échantillon de galène. Il vient donc de la décomposition de celle-ci, c'est le seul échantillon trouvé dans le gîte.

TYROLITE

$Cu_3(AsO_4)_2 . (CuCa)_2 . (OH)_2SO_4 . 8\ H_2O$.

Ce minéral cuprifère rare est assez fréquent dans le gisement : cité par Lacroix, je l'ai retrouvé en place, mais je n'ai pu en trier que 40 mgs, ce qui est insuffisant pour une analyse quantitative.

Faciès : *orthorhombique*

Lamelles soit rectangulaires, soit allongées suivant l'axe b, limitées par les faces m (110), g^1 (010), h^1 (100) ; sous cette forme, elles peuvent constituer des agrégats en éventails qui, en s'étendant, donnent des croûtes avec un aspect testacé.

Les cristaux atteignent au plus 2 mm. de largeur sur 1/20 de mm. d'épaisseur ; parfois, ils s'allongent jusqu'à 3 mm. et forment des rosettes. Souvent de fines aiguilles se groupent en sphérolites radiés ou en croûtes cristallines.

Propriétés physiques.

— Clivage facile suivant p (001), donne des lames flexibles comme du mica.

— *Dureté :* 1,5, sectile.

— *Coloration et éclat :* varie du vert au bleu, les variétés radiées sont bleues. Bleu turquoise, bleu minéral (454, 483, 452, 453). Vert de Scheele, vert bleuâtre (398, 399).

— Poussière vert pâle (400).

Translucide, éclat vitreux, fortement nacré sur la face de clivage, parfois un peu soyeux.

Propriétés optiques :

Plan des axes parallèles à g^1 (010), signe optique négatif. Indices de réfraction :

$$n_p = 1{,}693 \quad n_m = 1{,}725 \quad n_g = 1{,}732.$$

Faiblement pléochroïque.

Densité : prise de 38 mgs = 3,45.

Propriétés chimiques.

CuO, As_2O_5, CaO, SO_3, H_2O, pas de CO_2.

Donne beaucoup d'eau au tube fermé, décrépite et fond facilement au chalumeau ; soluble dans les acides et dans l'ammoniaque.

Gisements et associations.

J'ai trouvé les deux types au point F sur le poudingue cuprifère, la variété verte est accompagnée d'un grand nombre de minéraux, alors que la variété bleue se trouve seulement avec l'olivénite sur la mansfieldite.

C'est un minéral récent, contemporain de la conichalcite. Il est postérieur à la barytine, mansfieldite, pbarmacosidérite, olivénite, mimétite, lettsomite et chalcophyllite.

ZEUNÉRITE

$(AsO_4)2\ (UO_2)_2\ Cu,\ 8\ H_2O$.

Ce minéral uranifère rare, peu fréquent dans le gîte, avait déjà été signalé avec réserve par Gonnard comme chalcocite, Lacroix ensuite le décrivit comme zeunérite dans la *Minéralogie de la France*.

Je l'ai trouvé sur les anciennes haldes et récemment en place dans la partie centrale de la mine.

Faciès : *orthorhombique.*

Je distinguerai deux types :

1° Minces lames cristallines, atteignant au plus 6 mm. de largeur imbriquées les unes dans les autres sans direction privilégiée.

2° Petits cristaux (1/10 à 1/2 mm.) ; isolés dans les géodes, avec les faces p (001) et a^1 (101) peu nettes.

Propriétés physiques.

— *Clivage* micacé suivant p(001) difficile suivant h^1 (100). Cassure inégale.

— *Dureté :* 2,5.

— *Coloration et éclat :* plus claire et plus jaunâtre que la chalcophyllite.

Type I. — Vert d'herbe, vert jaune clair, vert bleu clair (380, 409, 410).

Type II. — Vert de gris, clair ou foncé (418, 419).

— Poussière vert jaune clair (410), éclat très vif et nacré suivant *p* (001).

Propriétés optiques :

Uniaxe négatif.

Indices : $n_p = 1.624$, $n_g = 1,644$.

Propriétés chimiques.

Analyse qualitative : cristaux du type I :

As_2O_5-CuO-UO_2-H_2O, pas de P_2O_5.

Analyse quantitative : dosage de UO_3, CuO et As_2O_5 sur 79 mgs de produit trié.

Éliminer le Cu et l'As par l'hydrogène sulfuré en milieu chlorhydrique au 1/10, puis dosage du cuivre par électrolyse, de l'arsenic par l'arséniate ammoniaco-magnésien.

Sur le filtrat, dosage de UO_2 sous forme de phosphate d'U.

I° Minéral de la Garonne.

II° Composition théorique.

	I	II
UO_3	50,2	56
As_2O_5	21,0	22,3
CuO	6,8	7,7
H_2O	(22,0)	14
	100,0	100,0

Gisements et associations.

Une prospection systématique au compteur de Geiger permit de localiser la zeunérite dans le massif non exploité situé au centre de la mine, et grâce à une recherche minutieuse j'ai pu la trouver en place au point E, elle est très peu visible et en très petite quantité, c'est le type I.

L'examen des divers échantillons montre une implantation directe sur le poudingue presque stérile en minéraux cuprifères primaires ; je n'ai observé aucun minéral qui lui soit antérieur.

Postérieurement à elle, on trouve pharmacosidérite, mansfieldite, olivénite, malachite et azurite.

C'est le seul gîte français de ce minéral.

ARSÉNIATE DE CUIVRE ET DE PLOMB HYDRATÉ

Non signalé dans le gîsement. Ce minéral que j'ai recueilli en place et sur les haldes, présente certains caractères de la bayldonite, espèce elle-même mal déterminée (bayldonite, parabayldonite et cuproplombite ne paraissant pas être des minéraux bien distincts). Je ne disposais pas suffisamment de produit cristallisé pour en effectuer une analyse quantitative.

Faciès.

Généralement en enduits cristallins très minces et à surface hérissée de fins pointements. Ils peuvent être facilement confondus avec la conichalcite.

Je l'ai trouvé en place en individus isolés, très rares cristaux octaédriques, mal formés avec faces rugueuses et courbes. Ils atteignent au plus 1,5 mm. Ils sont probablement orthorhombiques.

Propriétés physiques.

— Pas de clivage, cassure subconchoïdale.

— *Dureté :* 3,5 à 4. Fragile.

— *Coloration et éclat :* le type amorphe présente les mêmes colorations que la conichalcite : vert jaune foncé (376, 383, 406, 417).

— Les cristaux sont vert émeraude foncé (406).

— Poussière vert d'eau (410).

— Éclat cireux assez terne, faiblement translucide à opaque.

Propriétés optiques :

Biaxe positif.

$$n_p = 1{,}94, \quad n_m = 1{,}98, \quad n_g = 1{,}99.$$

Densité : Prise de 32 mgs de cristaux : 4,86.

Propriétés chimiques.

Analyse qualitative :

As_2O_5, PbO, CuO, H_2O, pas de P_2O_5.

Fond facilement en donnant un globule noir.

Rayons X.

Comparaison entre le produit cristallisé du gisement et un échantillon de bayldonite du Tsumeb (paramorphose de mimétite).

Tableau 9

DÉPOUILLEMENT DES DIAGRAMMES DE POUDRE.
(Rayonnement filtré Cu Kα.)

MINÉRAL DU GITE		BAYLDONITE TSUMEB		MINERAL DU GITE		BAYLDONITE TSUMEB	
d (Å)	I	*d* (Å)	I	*d* (Å)	I	*d* (Å)	I
—	—	—	—	—	—	—	—
4,74	m	4,76	m	2,25	m	2,26	m
4,51	> m	4,45	ff	2,16	ff	—	
—		4,10	ff	2,11	ff	—	
—		3,83	ff	—		2,07	m
—		3,61	m<	—		2,05	ff
3,37	f	3,40	f	1,90	f	1,86	m<
3,22	F	3,21	FF	—		1,85	m<
3,14	FF	3,09	f	1,81	m<	1,80	m<
—		2,95	F	1,75	f		
2,91	> m	2,91	F	1,73	ff		
2,70	m	2,73	F	1,71	ff		
2,65	m<	2,60	f	1,69	f		
2,53	m	—		1,65	ff		
2,47	m	—		1,61	f		
2,42	ff	—		1,57	f		
2,29	ff	2,28	m	1,46	m<		

Gisements et associations.

En place aux points A et F, les quelques échantillons cristallisés reposent sur une gangue de schistes argileux micacés, formant une zone de transition entre les différentes couches du poudingue. Se rencontre aussi cristallisée et amorphe sur les haldes des travaux de la Gavaresse.

Elle est postérieure à la barytine, beudantite, carminite, lampadite, mansfieldite, mimétite, pharmacosidérite et antérieure à l'azurite, adamite cuprifère, duftite, malachite et olivénite.

Conclusion.

La comparaison des spectres de la bayldonite du Tsumeb, de la duftite et du minéral de la Garonne, montre qu'il s'agit de trois espèces différentes. Celle du Cap Garonne est peut-être nouvelle. Je ne lui proposerai pas de nom pour le moment, n'ayant pu l'étudier suffisament. On peut admettre que la bayldonite et le minéral plombo-cuprifère du Cap Garonne font partie d'une série isomorphe.

CONCLUSION DE L'ÉTUDE MINÉRALOGIQUE

Si l'on l'on veut faire le bilan de cette étude minéralogique, on constate qu'aux minéraux déjà connus :

Galène, tennantite, chalcopyrite, chalcocite, barytine, olivénite, mimétite, brochantite, chalcophyllite, lettsomite, mélaconite, tyrolite, azurite, malachite, pseudomalachite, adamite et ses variétés cobalto- et cuproadamite, liskeardite, pharmacosidérite, zeunérite, soit : 19 espèces, s'ajoutent les minéraux suivants :

cérusite, anglésite, carminite, beudantite, arséniate hydraté de plomb et de cuivre, dundasite, mottramite, duftite, conichalcite, chalcantite, bornite, covellite, cuivre natif, blende, smithsonite, mansfieldite, lampadite, soufre, gypse, calcite, limonite, sidérite, pyrite, scorodite aluminifère, soit 24 espèces non signalées dans le gîte.

La mélaconite, liskeardite et pseudomalachite n'existent

pas dans le gisement où elles avaient été signalées par erreur.

Ce gîte est particulièrement remarquable par le grand nombre de composés arséniatés qui s'y trouvent : 13 espèces différentes. Parmi les minéraux trouvés : la carminite, conichalcite, duftite, dundasite, mottramite, mansfieldite, scorodite aluminifère étaient jusqu'à présent inconnues en France. Quant à la duftite et à la mansfieldite, elles n'étaient signalées que dans un seul gisement.

J'ai pu aussi par cette étude, supprimer une espèce : la leucochalcite.

Un problème ardu est posé par l'existence de minéraux oxydés cobaltifères, uranifères et vanadifères. La teneur en cobalt de l'adamite peut s'expliquer par la présence de cet élément dans la tennantite ou par l'existence hypothétique de veines cobaltifères dans le filon initial; la formation de la zeunérite et de la mottramite sont plus difficiles à élucider, la zeunérite pouvant provenir de minéral uranifère primaire (pechblende qu'on rencontre parfois liée à des veines cobaltifères) et le vanadium, élément constitutif de la mottramite étant probablement dû à des phénomènes biochimiques.

S'il a été possible d'établir d'une façon satisfaisante la chronologie des minéraux primaires, il n'en est pas de même en ce qui concerne les espèces oxydées, nous essaierons néanmoins de tirer quelques conclusions des observations réunies au cours de cette étude.

Zeunérite et adamite cobaltifères sont probablement les plus anciens parmi les minéraux secondaires, leur mise en place est suivie d'une période d'incertitude pendant laquelle se sont déposés des minéraux dont on ne peut déterminer la position respective :

— barytine, mimétite, pharmacosidérite, mansfieldite, mottramite, beudantite.

Puis se succèdent les minéraux plombifères, dans un ordre bien défini :

— carminite, cérusite primaire, dundasite, mimétite secondaire, arséniate hydraté de plomb et de cuivre, duftite, cérusite secondaire et anglésite.

Ensuite se déposent les minéraux cuprifères, dans l'ordre suivant :

— olivénite, conichalcite, lettsomite, chalcophyllite, tyrolite, azurite, avec ses pseudomorphoses en brochantite et malachite.

On observe enfin trois espèces de formations actuelles : gypse, calcite et chalcantite.

Au point de vue géologique, le gîte du Cap Garonne se rattache au grand ensemble métallifère qui s'étend sur toute l'Europe, de l'Espagne à l'Oural. En effet, les aires bordières de la chaîne hercynienne comportent des sédiments, le plus souvent métallifères, qui affectent l'échelle sédimentaire depuis le Saxonien jusqu'au Virglorien. Les métaux les plus variés : fer, cuivre, plomb, accessoirement cobalt, zinc, manganèse et argent y sont représentés.

Il est intéressant de signaler le rôle important qui y est joué par l'uranium et le vanadium.

Certains gisements, comme ceux d'Espagne, d'Allemagne, de Grande-Bretagne et de l'Oural sont très connus. On peut citer : Molonio en Espagne, la Silésie et le Commern en Allemagne ; ce dernier gisement a joué un grand rôle dans l'économie de guerre de ce pays.

On peut résumer en quatre phases l'histoire du gîte :

1° *Existence dans la chaîne hercynienne de filons hydrothermaux, vraisemblablement du type mésothermal, à gangue quartzeuse, et, accessoirement barytique ; minéralisés, en blende, galène, chalcopyrite, et tennantite, avec, sans doute, des accidents cobaltifères et uranifères.*

2° *Démantèlement de ces filons et formation en un niveau assez bien défini, d'une couche détritique, riche en minerais de plomb, cuivre et zinc.*

Il est souvent assez difficile de situer exactement ce niveau de sédimentation par rapport à l'échelle des temps géologiques.

3° *Lessivage de cette couche détritique par les eaux supergènes, remise en solution des métaux (sous forme de sulfates et d'arséniates), exception faite pourtant de quelques zones protégées qui demeurent encore à l'état de témoins. Puis précipitation sélective du cuivre dans une zone de cémentation. La*

plus grande partie du plomb mis en solution reste à l'état de minerai oxydé, localisé dans les parties du conglomérat situé au-dessus de la zone de cémentation.

4° *Formation actuelle de nouveaux composés par oxydation des sulfures de cémentation eux-mêmes. La plus grande partie des minéraux oxydés cuprifères s'est déposée dans cette dernière phase.*

CONCLUSION

Le gîte du Cap Garonne souvent cité dans la littérature française et étrangère n'avait pas donné lieu jusqu'à présent à une étude systématique.

L'examen d'un grand nombre d'échantillons m'a permis de de compléter la liste des minéraux représentés dans le gisement.

Plusieurs de ces espèces étaient rares et peu connues, ce travail peut contribuer à la connaissance plus exacte de leurs propriétés physiques et chimiques.

L'étude des conditions d'associations m'a conduit à établir la chronologie de ces espèces et à préciser ainsi les conditions de genèse du gisement qui le placent parmi les formations détritiques permo-triasiques.

J'espère attirer par ce travail l'attention des Minéralogistes sur un gîte qui, avec ses 40 espèces reconnues sur un espace aussi restreint, se classe parmi les premiers.

BIBLIOGRAPHIE

Généralités.

Darluc. — *Histoire naturelle de la Provence*. 3 vol., Avignon, 1782-1786.

Emmons. — *Zeitsch. fur. prakt. Géol.*, 1902, p. 126.

Falsan. — Notice sur la géologie et la minéralogie du canton d'Hyères (Var). *Ann. de la Soc. Imp. Agr. Hist. Nat. et des Arts utiles de Lyon*, 1863.

J. Girard. — *Notes de Géochimie, quelques remarques sur les gisements métallifères et, en particulier, sur les filons du Var*. Marseille, 1930, p. 31.

C. Guillemin. — Quelques nouv. minéraux de la mine de la Garonne par Le Pradet (Var). *Ann. Soc. Sc. Nat. Toulon et du Var*, n° 2, 1948-1949, p. 65-71.

C. Guillemin. — Revue des Thèses. *Bull. Soc. Pharmarcie*. Bordeaux, t. LXXXIX, n° 1, p. 69, 1951.

E. Haug. — *Notice explicative de la feuille de Toulon au 1/50.000e*. Impr. Nat., Paris, 1925.

E. Haug. — Sur la tectonique de la région littorale entre Saint-Cyr et Hyères (Var). *C. R.* Paris, CLXXII, 1921, p. 1548-1554.

L. Michel. — *Études et Notes de Géologie appliquée*, 1922, p. 293.

Villeneuve-Flayosc. — *Description minéralogique et géologique du Var et des autres parties de la Provence*. 1 vol. in-8°, Paris, 1856.

Zurcher. — Notes sur les phénomènes de recouvrement des environs de Toulon. *Bull. soc. Géol de France*, 3e série, t. XXI, p. 65-77, 1893.

Bibliographie détaillée.

1. De Launay. — *Traité de métallogénie. Gites minéraux et métallifères*. Béranger, Paris, 1913, t. II, p. 767-768.
2. Doublier et Panescorde. *Prodrome d'Hist. Nat. du départ du Var*. 1re partie : géologie et minéralogie. Draguignan, 1853.
3. H. Schneiderhöhn. — *Lehrbuch der Erslagerstattenkunde*. Iéna, Fischer, 1941.
4. Lotti. — Sur le gisement plombo-cuprifère du Cap Garonne (Var). *Rass. Min.*, t. XIV, n° 16, 1901, p. 281. — *Zeit. f. pr. G.*, 1901, 49, p. 65-71.
5. E. Secuy. — *Code universel des couleurs*. Le Chevalier, Paris.
6. Larsen et Berman. — The microscopic determination of the non-opaque minerals. *U. S. Geol. Surv.*, Bulletin 848, 1934.

7. Chamott and Mason. — *Handbook of chemical microscopy*. Ryley and Sohns, New-York, 1948.
8. Lacroix. — *Minéralogie de la France*, t. IV, p. 420-423.
9. Pisani. — Sur les minéraux trouvés dans la mine de cuivre du Cap Garonne (Var). *C. R. Paris*, t. LXX, 1870, p. 1001.
10. Damour. — Sur un arséniate de zinc naturel provenant du Cap Garonne (Var). *C. R. Paris*, LXVII, 1868, p. 1124.
11. M. E Rose. — Adamite from Ojuela Mine Mapimi. *Am. Miner.*, t. XXXIII, 1948, p. 449.
12. Sandberger. — *N. j. f. Min.*, 1882, 1, 265.
13. Lacroix. — *Minéralogie de la France*, t. IV, p. 512.
14. Lacroix. — *Minéralogie de la France*, t. IV, p. 47.
15. Hartley. — Ueber die Zusammensetzung der natürlichen Arseniate und Phosphate. *Zeit. für. Kryst.*, 34, 1901, p. 123.
16. Pisani. — C. s. 9.
17. Lacroix. — *Minéralogie de la France*, t. IV, p. 150.
18. Lacroix. — *Minéralogie de la France*, t. IV, p. 517.
19. Shannon. — *Chalcophyllite Am. Jour. Sc.*, 7, 1924, p. 31-36.
20. Sandberger. — *Pogg. Ann. Phys.* 80, 391, 1850.
21. A. Russel. — On the occurence of the rare minerals carminite. *Min. Mag.*, 15, 285, 1910.
22. Foshag. — Carminite and associated minerals from Mapimi. Mexico. *Am. Min.*, 1937, t. XXII, p. 479.
23. O. Pufahl. — Duftite von Otavi. *Central bl. Min.*, 1920, p. 295.
24. W. E. Richmond. — Crystal chemistry of the phosphates, arseniates and vanadates of the type A_2XO_4 (Z). *Am. Miner.*, t. XXV, 1940, p. 441.
25. L. G. Berry. — Tyrolite, higginsite and cornwallite. *Am. Miner.*, t. XXXIII, 1948, p. 193.
26. Pisani. — Sur divers minéraux : lettsomite, hypersthène et labradorite de l'hypérite de l'Aveyron. *C. R. Paris*, LXXXVI, 1878, p. 1418.
27. Lacroix. — Sur un arséniate d'alumine de la mine de la Garonne. *Bull. Soc. franç. Minér.*, t. XXIV, 1901, p. 22.
28. V. T. Allen et J. J. Fahey. — Mansfieldite, a new arseniate, the aluminium analogue of scorodite and the mansfieldite-scorodite series. *Am. Miner.*, t. XXXIII, 1948, p. 122.
29. Bannister. — The identity of mottramite and psittacinite with cupriferous descloizite. *Min. Mag.*, t. XXIII, 1933, p. 376.
30. Pisani. — Pharmacosidérite de la mine de la Garonne. *C. R. Paris*, LXXXIV, 1877, p. 1512.
31. Gonnard. — Addition aux minéraux de la mine du Cap Garonne (Var). *Bull. Soc. franç. minér.*, t. XVI, 1893, p. 41.

IMPRIMERIE PROTAT FRÈRES, MACON. — FÉVRIER 1952.
N°s D'ORDRE : IMPRIMEUR 6485, ÉDITEUR 1463. — DÉPÔT LÉGAL : 1er TRIM. 1952.

FIG. 1. — Mimétite jaune. × 40.

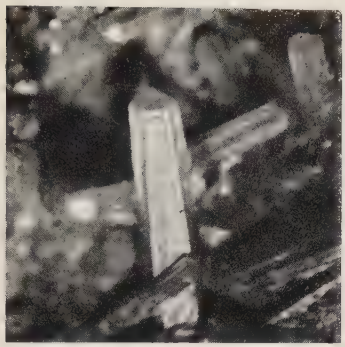


FIG. 2. — Mimétite jaune. × 25.

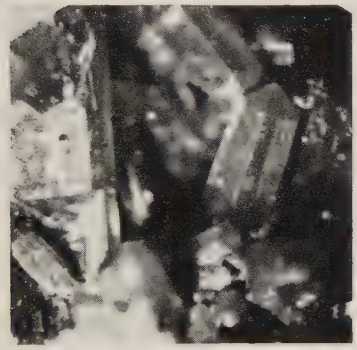


FIG. 3. — Mimétite verte. × 25.

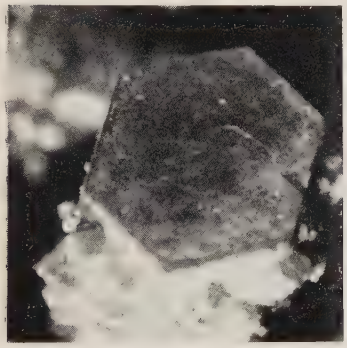


FIG. 4. — Mimétite verte. × 25.

FIG. 5. — Mimétite verte. × 25.

FIG. 6. — Mimétite verte. × 40.

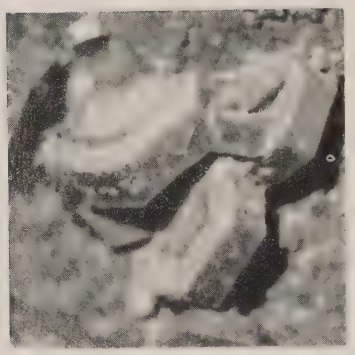


FIG. 7. — Mimétite jaune aplatie sur c. × 25.

FIG. 8. — Mimétite incolore avec faces x. × 80.

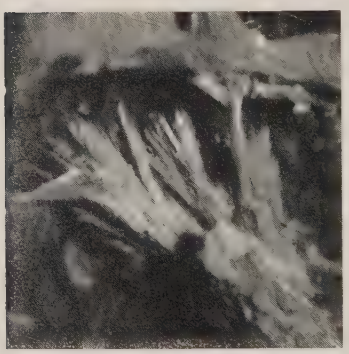


FIG. 9. — Mimétite aciculaire blanche. × 25.

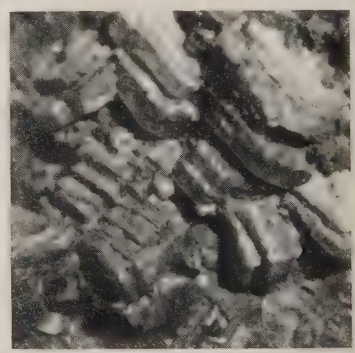


FIG. 10. — Mimétite verte, accroissement suivant a. × 25.

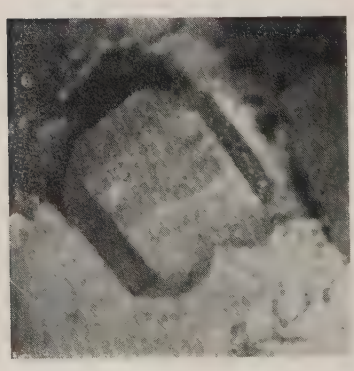


FIG. 11. — Mimétite jaune aplatie sur face latérale. × 25.

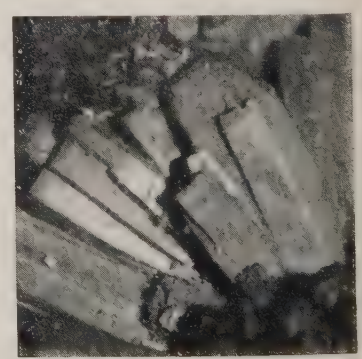


FIG. 12. — Mimétite verte en rosettes. × 25.

Fig. 13. — Mimétite cuprifère. ×25.

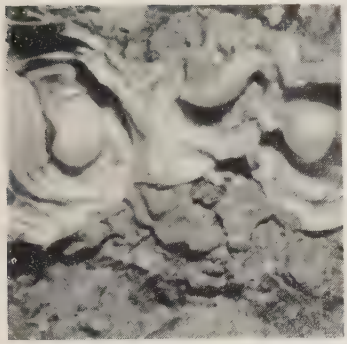


Fig. 14. — Mimétite cuprifère. ×25.

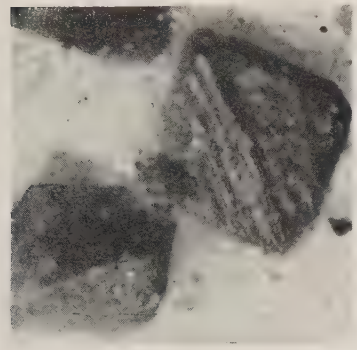


Fig. 15. — Arséniate de cuivre et de plomb hydraté. × 40.

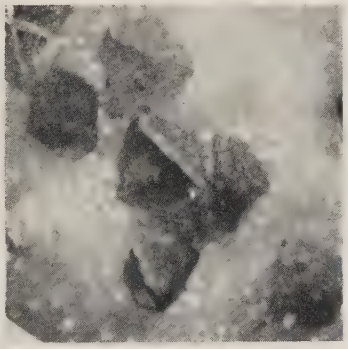


Fig. 16. — Arséniate de cuivre et plomb hydraté. × 40.

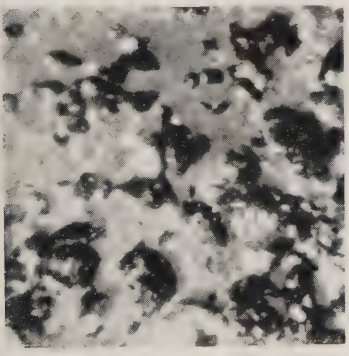


Fig. 17. — Mottramite. × 40.

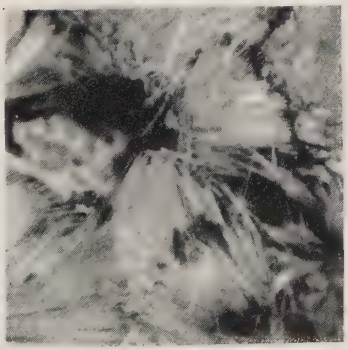


Fig. 18. — Dundasite. × 40.

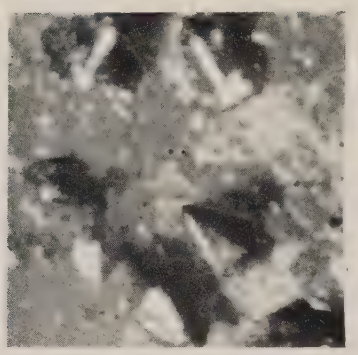


FIG. 19. — Duftite, type III. × 80.

FIG. 20. — Duftite, type I, sur mimétite. × 40.

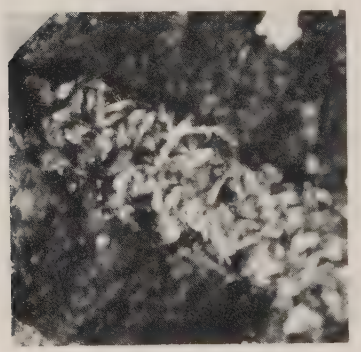


FIG. 21. — Duftite, type I sur mimétite. × 40.

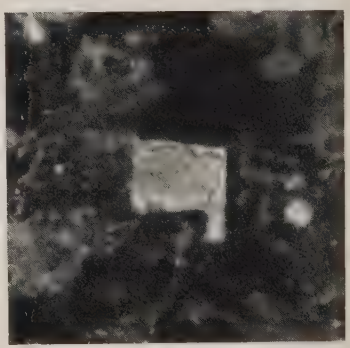


FIG. 22. — Beudantite, type I. × 80.

FIG. 23. — Cérusite. × 0,7.

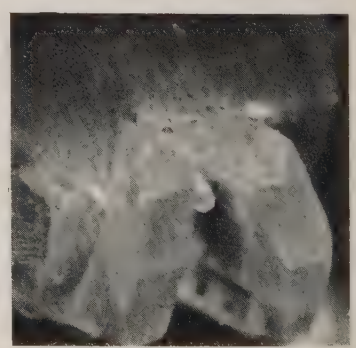


FIG. 24. — Cérusite maclée. × 25.

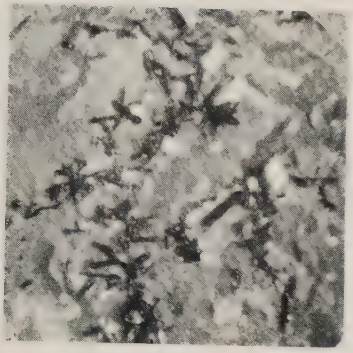


FIG. 25. — Carminite. × 40.

FIG. 26. — Smithsonite. × 25.

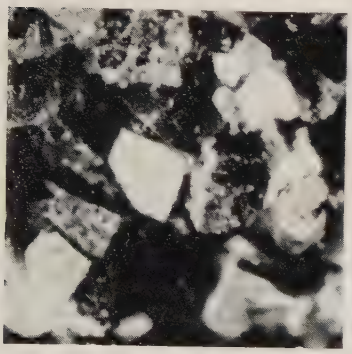


FIG. 27. — Azurite. × 25.

FIG. 28. — Azurite. × 25.

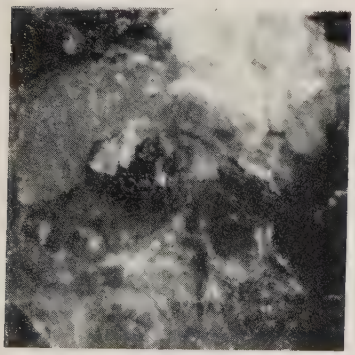


FIG. 29. — Malachite cristallisée. × 25.

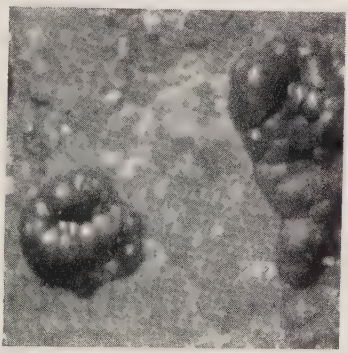


FIG. 30. — Conichalcite. × 25.

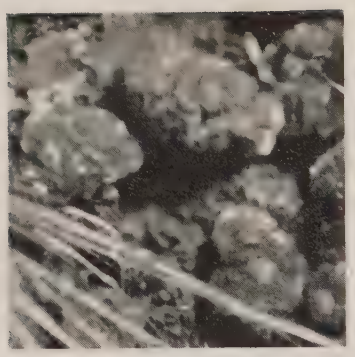


FIG. 31. — Chalcophyllite, type II. × 25.

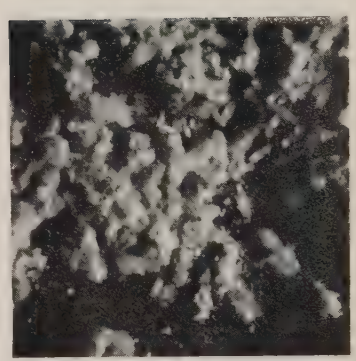


FIG. 32. — Tyrolite. × 25.

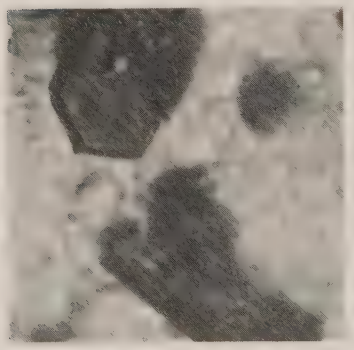


FIG. 33. — Olivénite, type I. × 25.

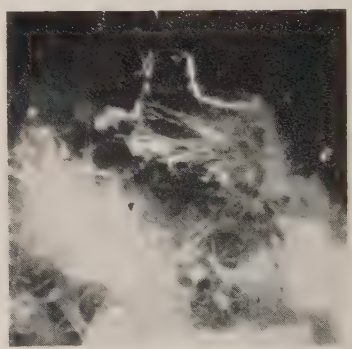


FIG. 34. — Olivénite (leucochalcite). × 40.

FIG. 35. — Adamite cuprifère, type III. × 40.

FIG. 36. — Adamite cobaltifère. × 40.

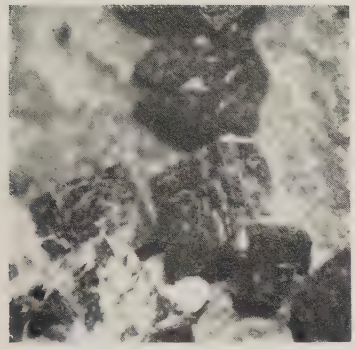


Fig. 37. — Pharmacosidérite altérée. × 40.

Fig. 38. — Lettsomite. × 25.

Fig. 39. — Mansfieldite ferrifère. × 40.

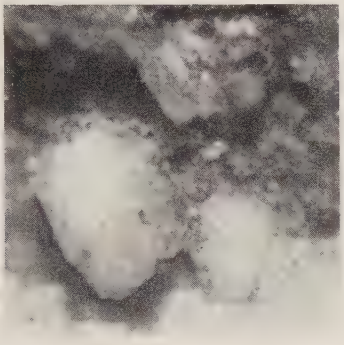


Fig. 40. — Mansfieldite ferrifère. × 40.

Fig. 41. — Zeunérite. × 40.

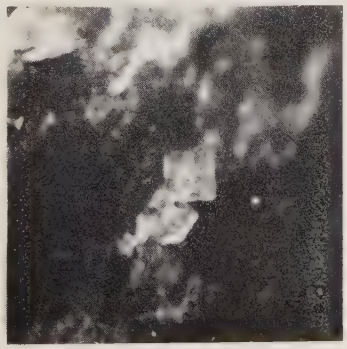


Fig. 42. — Zeunérite. × 25.

Planche VIII

Sections polies.

Fig. 43. — Agrégat lamellaire de covellite (Co). L'intense pléochroïsme de réflexion du minéral met en évidence la structure lamellaire de l'agrégat. Au centre, plage de tennantite (Te). A gauche, la gangue quartzeuse. LN × 120.

Fig. 44. — Structure d'attaque de la blende de la Garonne (MnO_4K sulfurique) — (30"). Agrégat à éléments assez gros et d'allure finement lamellaire (pas d'allure concrétionnée). Par ailleurs, la blende ne présente pas d'inclusions. LN × 200.

Fig. 45. — Le minerai primaire emballé dans le conglomérat comporte essentiellement tennantite (Te) et chalcopyrite (Cp). Le long des fissures se développe la covellite (sombre), qui, associée à un peu de chalcocite et de silice secondaire, tend à remplacer complètement les sulfures primaires. LN × 75.

Fig. 46. — Structure d'attaque de chalcocite (NO_3H 5"). Allure lamellaire typique des chalcocites de basse température (LN × 200) — sombre, gangue quartzeuse.

Fig. 47. — Association de tennantite et de chalcopyrite (Ch). Attaque de 5" par NO_3H. La tennantite reste intacte, mais la chalcocite montre une structure concrétionnée. LN × 120.

Fig. 48. — Minerai primaire envahi par la covellite (cf. fig. 45). La tennantite (Te) englobe de petites plages de chalcopyrite (Cp) qui présentent parfois, en bordure, un peu de bornite brune (Bo). LN × 75.

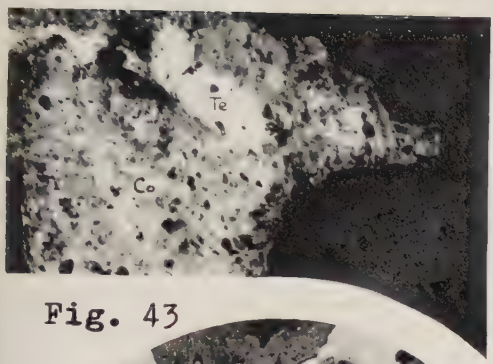


Fig. 43

Fig. 44

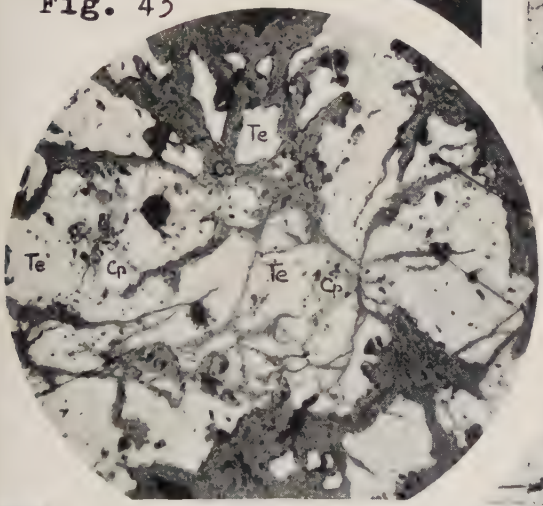


Fig. 45

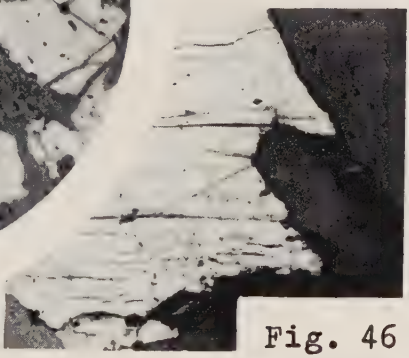


Fig. 46

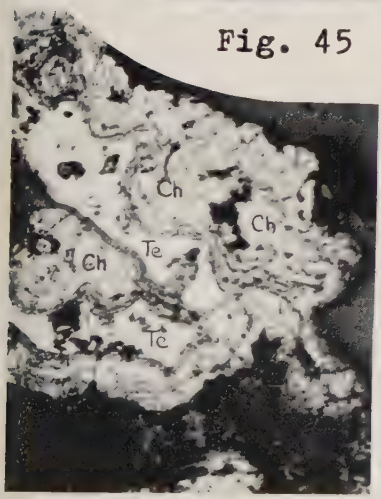


Fig. 47

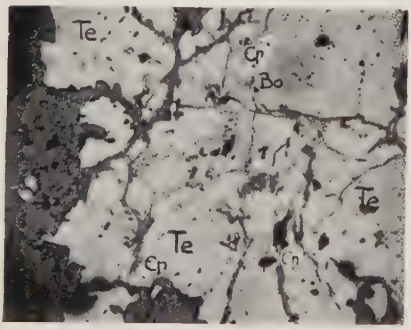


Fig. 48

Planche IX

Fig. 1. — Carte au 1/50.000e montrant le périmètre de la concession.

Fig. 2. — Carte au 1/10.000e. Les points noirs représentent les entrées de galeries. Terrains triasiques : parties ombrées.

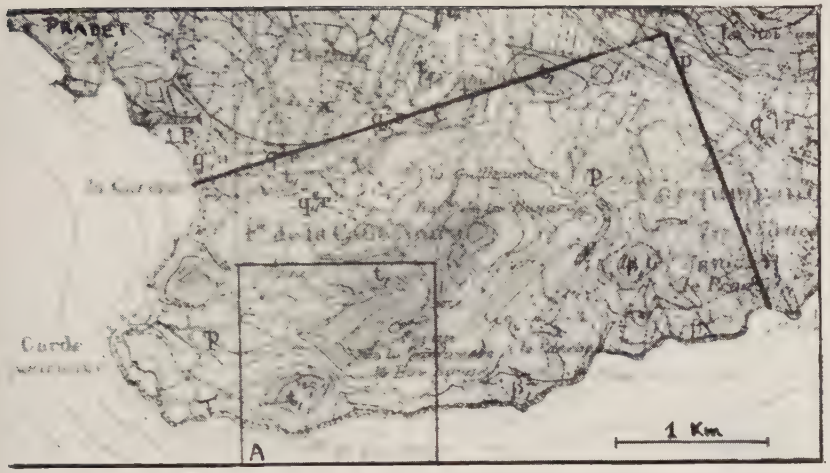

LE PRADET
Corde
A
1 Km

FIG. 1.

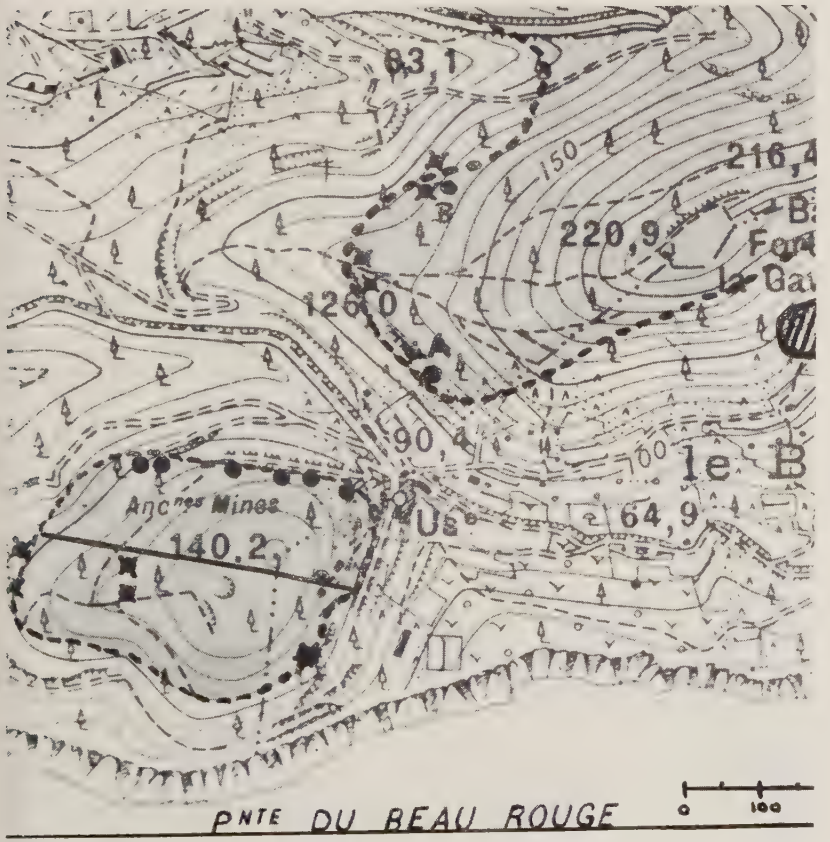

83,1
150
216,4
220,9
126,0
90,
100
Anciennes Mines
140,2
64,9
PNTE DU BEAU ROUGE
0
100

FIG. 2.

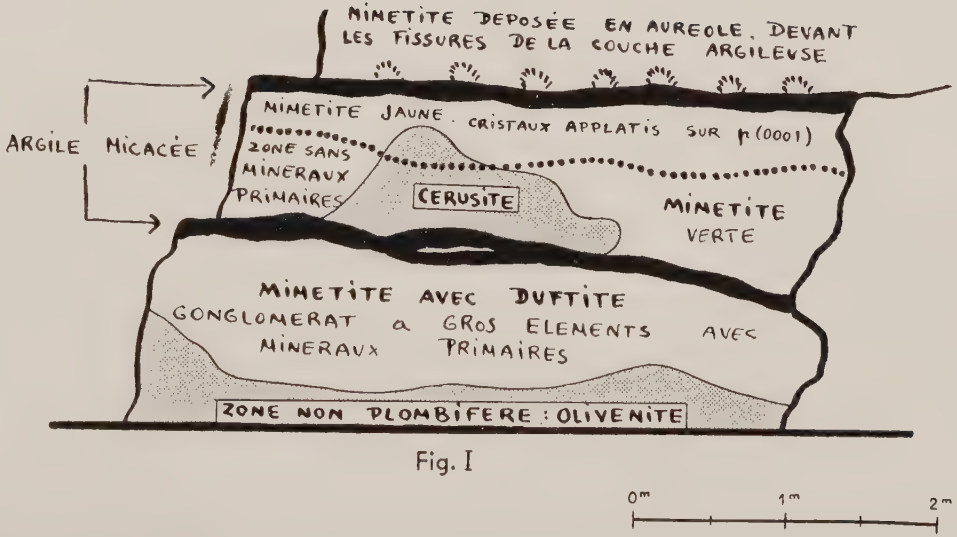

MINETITE DEPOSÉE EN AUREOLE, DEVANT LES FISSURES DE LA COUCHE ARGILEUSE
ARGILE MICACÉE
MINETITE JAUNE. CRISTAUX APPLATIS SUR p (0001)
ZONE SANS MINERAUX PRIMAIRES
CERUSITE
MINETITE VERTE
MINETITE AVEC DUFTITE
CONGLOMERAT A GROS ELEMENTS AVEC MINERAUX PRIMAIRES
ZONE NON PLOMBIFERE : OLIVENITE
0m
1m
2m

Fig. I

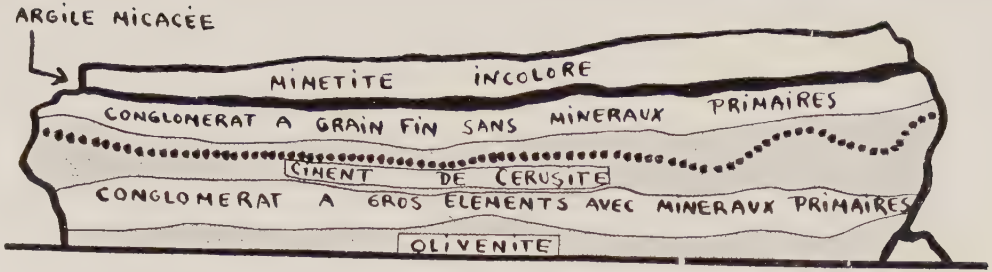


Fig.II

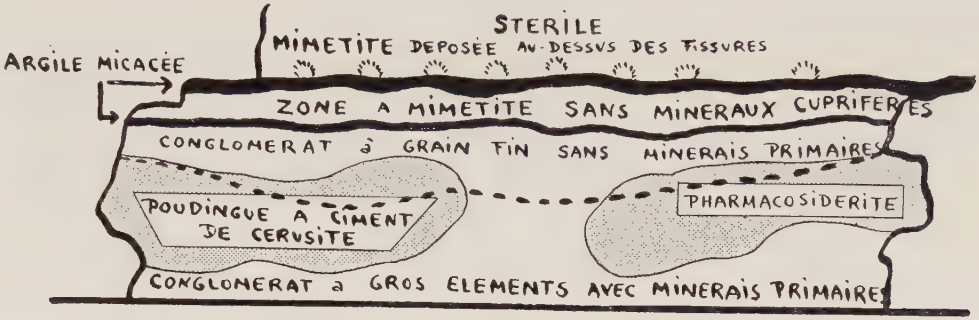


Fig.III

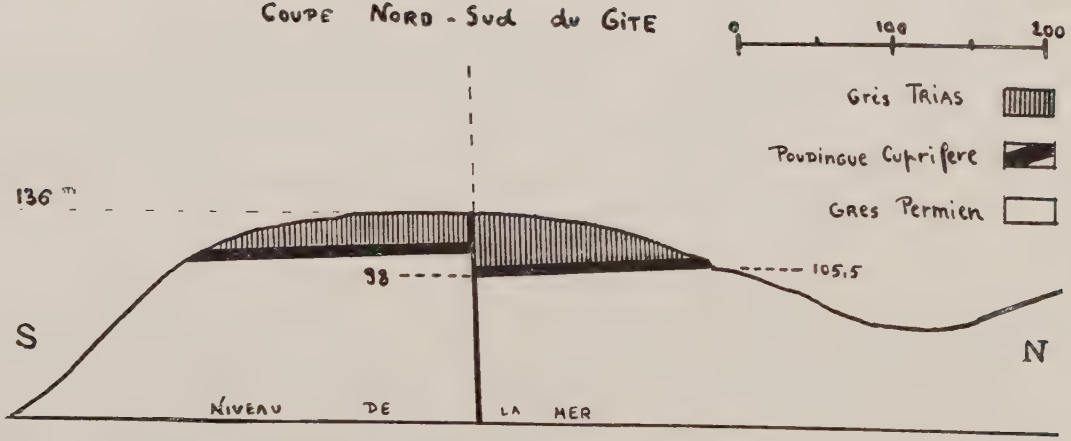

COUPE NORD - Sud du GITE
0
100
200
Grès TRIAS
Poudingue Cuprifère
Grès Permien
136 m
98
105,5
S
N
NIVEAU DE LA MER

FIG. 1.

Fig. 2

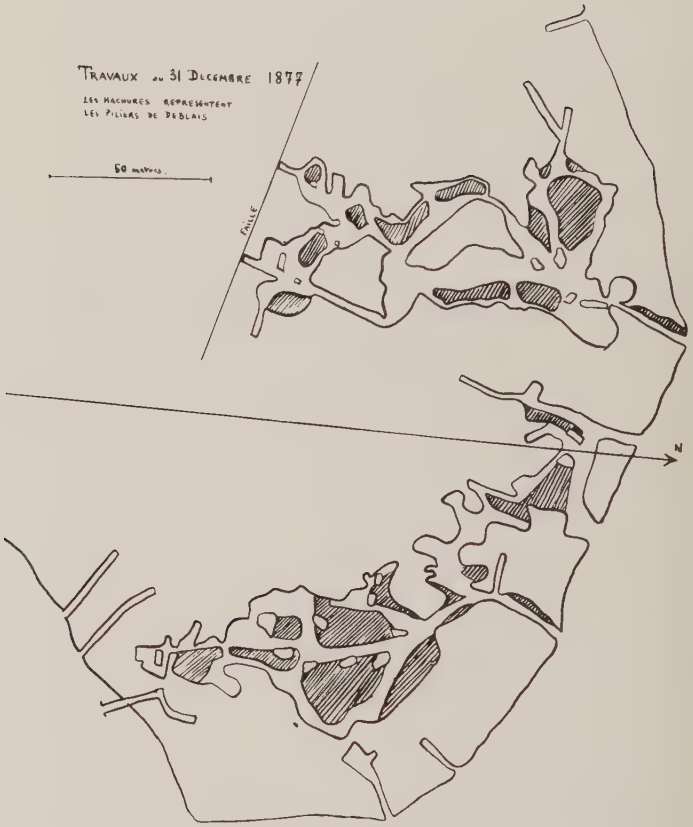

TRAVAUX au 31 DECEMBRE 1877
LES HACHURES REPRESENTENT LES PILIERS DE DEBLAIS
50 mètres
FAILLE
N

FIG. 1.

FIG. 2.

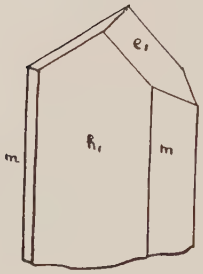


Fig. I

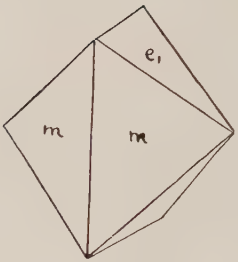


Fig. II

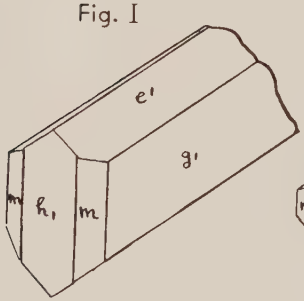


Fig. III

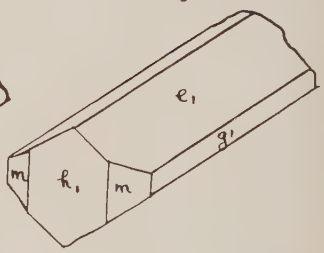


Fig. IV

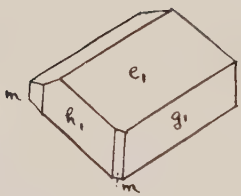


Fig. V

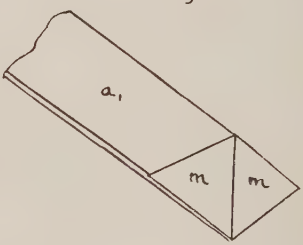


Fig. VI

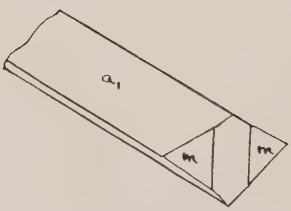


Fig. VII

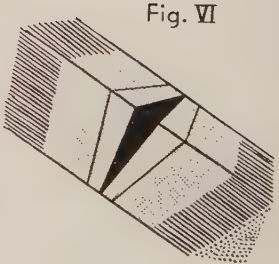


Fig. VIII

QUESTION PROPOSÉE PAR LA FACULTÉ

LE DOSAGE DE L'EAU PAR LA MÉTHODE DE FISCHER

Vu :
Le Doyen,
G. PORTMANN.

Vu, bon à imprimer :
Le Président,
R. GIRARD.

Vu et permis d'imprimer :
Bordeaux, le 3 Mars 1951.
Le Recteur,
E. DELAGE.